

Thèses de Doctorat d'Etat

N° d'ordre : 61-176

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

Jean SOUGY

PREMIÈRE THÈSE

Les formations paléozoïques du Zemmour noir (Mauritanie septentrionale)
Étude stratigraphique, pétrographique et paléontologique

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues le 3 mai 1961 devant la Commission d'Examen

MM. M. ROUBAULT *Président*

J. HILLY
G. ROCCI } *Examineurs*

G. MILLOT
P. PRUVOST } *Membres invités*

Thèses de Doctorat d'Etat

N° d'ordre : 61-176

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

Jean SOUGY

PREMIÈRE THÈSE

Les formations paléozoïques du Zemmour noir (Mauritanie septentrionale)
Étude stratigraphique, pétrographique et paléontologique

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues le 3 mai 1961 devant la Commission d'Examen

MM. M. ROUBAULT	Président
J. HILLY	} Examineurs
G. ROCCI	
G. MILLOT	} Membres invités
P. PRUVOST	

Printed by J. J. van der Linde
at the University Press

THESIS

A THESIS SUBMITTED
IN CANDIDACY FOR THE DEGREE OF
DOCTOR OF PHILOSOPHY

IN THE FACULTY OF LETTERS
OF THE UNIVERSITY OF LEIDEN



THE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF LEIDEN
HAS ACQUIRED THIS THESIS IN
CONNECTION WITH THE DEGREE OF
DOCTOR OF PHILOSOPHY

PRINTED BY J. J. van der Linde
at the University Press

THE LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF LEIDEN
HAS ACQUIRED THIS THESIS IN
CONNECTION WITH THE DEGREE OF
DOCTOR OF PHILOSOPHY

PRINTED BY J. J. van der Linde
at the University Press

UNIVERSITÉ DE NANCY — FACULTÉ DES SCIENCES

Doyen : M. ROUBAULT

Assesseur : M. WAHL

Doyens honoraires : MM. CORNUBERT, DELSARTE, URION.

Professeurs honoraires : MM. GUTTON, CROZE, RAYBAUD, LAFFITTE, LERAY, JOLY, LAPORTE, EICHHORN, CAPELLE, GODEMENT, DUBREIL, L. SCHWARTZ, DIEUDONNÉ, DE MALLEMANN, LONGCHAMON, LETORT, DODE, GAUTHIER, GOUDET, OLMER, CORNUBERT, CHAPELLE, GUÉRIN.

Maîtres de conférences honoraires : MM. RAUX, LIENHART.

Professeurs :

MM.		MM.	
URION	Chimie biologique	DUVAL	Chimie
DELSARTE	Analyse supérieure	COPPENS	Radiogéologie
ROUBAULT	Géologie	FRUHLING	Physique
VEILLET	Biologie animale	LIONS	M. M. P.
ECHEVIN	Botanique	SUHNER	Physique expérimentale
WAHL	Chimie organ. industr.	HILLY	Géologie
BARRIOL	Chimie théorique	LE GOFF	Génie chimique
BIZETTE	Physique	CHAPON	Chimie biologique
GUILLIEN	Electronique	HEROLD	Chimie industrielle
GIBERT	Chimie physique	SCHWARTZ	Exploitation minière
HERVÉ	Calcul diff. et intégral	GAYET	Physiologie
LEGRAS	Mécanique rationnelle	MANGENOT	Phytopathologie
DAVID	Chimie organique	MALAPRADE	Chimie
BOLFA	Minéralogie	HADNI	Physique
NICLAUSE	Chimie	DELAMARE DEBOUTEVILLE ..	Zoologie
FAIVRE	Physique appliquée	BONVALET	Mécanique physique
AUBRY	Chimie minérale		

Maîtres de conférences :

MM.		MM.	
WERNER	Botanique	CONDÉ	Zoologie
GARNIER	Agronomie	GOSSE	Génie chimique
GUDEFIN	Mathématiques génér.	CHAMPIER	Physique
N.	Physique	GAY	Chimie biologique
M ^{me} ROIZEN	Physique	CLIN	Paléontologie
REGNIER	Physico-chimie	ROCCI	Géologie
KERN	Minéralogie	WEISS	Physique M. P. C.
WEPPE	Minéralogie appliquée	M ^{me} BASTICK	Chimie M. P. C.
BERNARD	Géologie	VUILLAUME	Psychophysiologie
ARAGNOL	Mathématiques (prop.)	PLAN	Mathématiques
N.	Mécanique appliquée	PIERRET	Maître de conf. adjoint
BASTICK	Chimie	MARI	Chimie I.S.I.N.
RENARD	Physique théor. et nucl.	LAFON	Physique I.S.I.N.

Secrétaire principal : M. CARON



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547403_0029

A la mémoire de Fernand JACQUET
mort pour la science en Mauritanie
en avril 1937.

REMARQUES

A L'OCCASION DE L'ÉDITION DÉFINITIVE

Trois ans et demi se sont écoulés entre la soutenance de ma thèse et son édition définitive. J'ai tenu à ce que l'édition imprimée respecte strictement le texte de l'époque. Or depuis, de nouvelles observations ont apporté des compléments et des modifications à certaines interprétations.

Voici, très brièvement résumés, les points sur lesquels portent ces nouveaux éléments :

- 1° La détermination de *Nyssenia zemmourensis* nov. gen., nov. sp., a été revue par M^{lle} S. WILLEFERT qui attribue ce fossile à un *Dictyonema* de l'Arenig. La série de l'Oumat el Ham, au moins à partir du niveau 7, et vraisemblablement depuis sa base, appartient donc à l'Ordovicien et non au Cambrien. Ceci entraîne la révision de l'attribution au Cambrien inférieur de la faune à *Acrothele* (niveau 6).
- 2° A la base de la série de Garat el Hamoueïd, la discordance de ravinement, jalonnée de conglomérats, est d'origine glaciaire et ceux-ci sont de nature tillitique (galets striés et cupulés) [voir J. SOUGY et J.-P. LÉCORCHÉ, *C. R. Ac. Sc.*, t. 256, 20 mai 1963, p. 4471; *Rapp. Lab. Géol. Fac. Sc. Univ. Dakar*, n° 2, 1963]. Ceci permet d'expliquer l'étendue de conglomérats aussi grossiers ainsi que la nature mouvementée de la paléosurface d'érosion.
- 3° L'unique exemplaire de *Monograptus* sp. du niveau 24 (p. 253) a été étudié par M^{lle} S. WILLEFERT qui l'attribue à *Monograptus uniformis* PRIBYL, connu en Allemagne et en Bohême dans le Ludlow moyen et supérieur. Ceci confirme l'attribution au Ludlow de ce niveau.
- 4° Dans le Couvinien plissé de l'Ouest de l'Amgala, j'ai découvert, juste au-dessus des grès couviniens, dans un niveau de calcaire à *Phacops fecundus*, un exemplaire de *Pinacites jugleri* (ROEMER). Cette Goniatite caractéristique du Couvinien supérieur d'Allemagne et de la Saoura, n'était jusqu'ici pas connue au Zemmour, où les niveaux à Goniatites sont rares.
- 5° Le Dévonien supérieur a fait l'objet, entre Amgli Zguilma et Amgli el Harra, d'une coupe détaillée qui viendra compléter l'étude succincte du Dévonien supérieur. A la partie tout à fait supérieure a été rencontré un niveau d'argiles à dents de *Ptyctodontes*.

Dakar, juillet 1964.

RÉSUMÉ

Ce travail est une étude détaillée aussi objective que possible de la stratigraphie des formations paléozoïques du Zemmour. Cette région occupe la partie sud-ouest du bassin de Tindouf, à l'endroit où ce synclise d'axe E-W est intercepté par des plis d'axe NNE-SSW.

Le plan de l'ouvrage est bâti de manière à faciliter aussi bien la recherche d'un point de détail que celle des idées générales et des synthèses, d'où parfois certaines répétitions.

L'ouvrage débute par des généralités : étude géographique, cadre géologique (avec une synthèse des grands traits de la géologie du Sahara occidental), exposé des méthodes de travail (notamment utilisation pratique des analyses de roches carbonatées) et définitions des termes employés.

Les parties principales de l'ouvrage sont consacrées à l'étude stratigraphique : 1 — Cambro-Ordovicien; 2 — Gotlandien; 3 — Zone de passage du Gotlandien au Dévonien et Gedinnien; 4-5-6 — Dévonien inférieur, moyen et supérieur. Chaque partie est composée de 4 chapitres : après un historique, (I) *une étude stratigraphique* (description puis corrélations des coupes), (II) *une étude pétrographique* (études des principaux faciès, caractères pétrographiques généraux, conditions de sédimentation), (III) *une étude paléontologique* (listes des faunes, répartition verticale, à l'exclusion de descriptions paléontologiques), (IV) *une synthèse stratigraphique*. Cette dernière tient lieu de récapitulation et de conclusion à chacune des parties. On y trouvera également chaque fois une synthèse à l'échelle de l'ensemble du Sahara.

Le Cambro-Ordovicien a été subdivisé en trois séries, d'El Thlethyate, de l'Oumat el Ham et de Garat el Hamouéid. La première, surtout grés-dolomitique, à Stromatolithes, est attribuée à l'Infracambrien; elle est transgressive vers le NE. La deuxième, schisto-gréseuse, à glauconie, a livré une faune de Brachiopodes inarticulés (*Acrothele*) et a été attribuée au Cambrien inférieur d'après les déterminations de P. POULSEN. La troisième, gréseuse, débute par une discordance de ravinement qui est la première à avoir été signalée (1955) dans le Cambro-Ordovicien saharien. Attribuée à la partie supérieure de l'Ordovicien (?), voire à la base du Gotlandien, elle fait plutôt partie du cycle gotlandien. Ce Cambro-Ordovicien, mince à l'Est (150 m), s'épaissit considérablement à l'Ouest dans la chaîne plissée de Dhlou où il réapparaît sans qu'on en connaisse la base.

Le Gotlandien transgressif (100 m) est argileux dans sa partie inférieure et calcaire dans sa partie supérieure. Il est caractérisé à la base par des Graptolites du Llandovery (zone 19) puis par des faunes de Mollusques et de Crinoïdes.

La zone de passage (145 m) et le Gedinnien (40 m) sont schisteux au Sud et grés-calcaires au Nord, avec vers le haut une faune de Trilobites gedinniens.

Le Dévonien inférieur (max. 300 m) est argileux avec des bancs de lumachelles très continues. Il devient gréseux vers le haut, avec des niveaux à nodules phosphatés. Des faunes néritiques de Brachiopodes permettent d'y reconnaître le Siegenien et l'Emsien.

Le Dévonien moyen (300 à 400 m) comporte un Couvinien inférieur gréseux à *Paraspirifer cultrijugatus*, puis un ensemble marno-calcaire (Couvinien supérieur et Givetien) devenant un peu plus détritique au sommet. Les faunes de Brachiopodes et de Polypiers (*Calceola*) y sont très riches et permettent une stratigraphie locale détaillée. Quelques biohermes très localisés sont connus au Couvinien supérieur et des biostromes beaucoup plus étendus au Givétien. Le Couvinien supérieur est fortement transgressif sur le Couvinien inférieur.

Le Dévonien supérieur (350 m) consiste en une série argileuse et silteuse dont la monotonie est rompue par quelques bancs calcaires lumachelliques à *Cyrtospirifer verneuilii* ou à Polypiers.

L'ensemble du Paléozoïque (1600 m à l'Est) correspond à des dépôts de plateforme en bordure d'une mer ouverte au Nord et à l'Ouest. Il a été subdivisé en niveaux de valeur locale numérotés de 1 à 102, en italiques grasses dans tout le texte.

L'étude pétrographique est une description détaillée de chacun de ces niveaux. Certains problèmes d'ordre plus général sont étudiés à cette occasion : chertification des grès (p. 135), minerais de fer oolithiques (p. 333), glauconie de la série de l'Oumat el Ham (p. 154), nodules et galets phosphatés du Cambro-Ordovicien et du Dévonien (p. 338). De très beaux microfaciès sont décrits et figurés (Pl. XI à XXII). Les argiles dans toute la série montrent une forte prédominance de l'illite sur la kaolinite et la chlorite. Les roches ont fait l'objet de 181 analyses chimiques qui permettent d'en donner une détermination précise.

L'étude paléontologique est faite dans une optique de stratigraphie : situer les faunes en les repérant par rapport aux 102 niveaux locaux. Elles font l'objet d'une abondante figuration des associations, classées par niveaux (Pl. XXIII à L.). Un index permet de retrouver les espèces dans l'ouvrage. Malgré l'abondance des faunes, certaines limites d'étage restent incertaines et beaucoup de travail reste à faire. Toutes les déterminations ont été confiées à des spécialistes.

Quinze tableaux synoptiques stratigraphiques regroupent en annexe toutes les données analytiques, classées dans l'ordre des niveaux locaux 1 à 102. Leur emploi est expliqué p. 60. Deux cartes géologiques en couleurs au 50 000^e (Gara Foug Gara et Bir Aïdiat) accompagnent le travail (deux autres étant en projet). Ces cartes montrent la structure des plissements hercyniens orientés NNE-SSW en bordure du socle précambrien. Au NE une partie du Paléozoïque est restée tabulaire et monoclinale. Au SW au contraire, la tectonique montre l'amorce d'un léger chevauchement du Paléozoïque sur le socle. Le Crétacé transgressif et les terrains quaternaires sont également portés sur les cartes.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit behandelt so umfassend und speziell wie möglich die Stratigraphie des Paläozoikums von Zemmour. Das Arbeitsgebiet erstreckt sich über den Südwest-Teil des Tindouf-Beckens, und zwar über den Bereich, wo diese Mulde mit E-W streichender Achse durch Falten mit NNE-SSW-Achsenrichtung abgeschnitten wird.

Die Absicht dieser Veröffentlichung ist, künftige Detail-Untersuchungen zu erleichtern, wie auch allgemeine Ideen und Zusammenhänge darzulegen.

Die Arbeit beginnt mit einem allgemeinen Überblick, der sich gliedert in: geographische Lage, geologische Übersicht (mit einer Zusammenfassung der Grundzüge der Geologie der West-Sahara), kurze Erörterung von Arbeits-Methoden (besonders die praktische Anwendung von Karbonatgesteins-Analysen) und Erklärung der in der Arbeit benutzten Fachausdrücke.

Die Hauptteile der Veröffentlichung sind dem Studium der Stratigraphie gewidmet: 1. dem Kambro-Ordovizium; 2. dem Gotlandium (= Silur); 3. der Übergangszone vom Gotlandium (= Silur) zum Devon und dem Gedinne; 4. dem Unter-Devon; 5. dem Mittel-Devon; 6. dem Ober-Devon. Jeder dieser Hauptteile besteht aus 4 Kapiteln: Nach historischen Bemerkungen folgen I. *Stratigraphie* (Schichten-Beschreibung aufgrund korrelierter Schichtenschnitte), II. *Petrographie* (Hauptfazies-Entwicklung, allgemeiner petrographischer Aufbau, Sedimentations-Bedingungen), III. *Paläontologie* (Faunen-Listen, vertikale Faunen-Verteilung, am Schluß paläontologische Beschreibungen), IV. *Stratigraphische Zusammenfassung*. Das letzte Kapitel steht als Zusammenfassung und Erörterung für alle Kapitel eines Hauptteils. Außerdem werden dort die Ergebnisse in Bezug auf die Geologie der Gesamt-Sahara erörtert.

Das Kambro-Ordovizium wird in drei Schichtgruppen unterteilt: a) Série d'El Thlethiate, b) Série de l'Oumat el Ham, c) Série de Garat el Hamoueid. Die erste Schichtgruppe ist sandig-dolomitisch entwickelt, enthält Stromatolithen und wird zum «Infracambrien» gestellt; sie ist in nordöstlicher Richtung transgressiv. Die zweite Schichtgruppe ist schiefrig-sandig aufgebaut, enthält Glaukonit und hat eine Fauna mit inartikulaten Brachiopoden (*Acrothele*) geliefert, die aufgrund der Bestimmungen von P. POULSEN zum Unterkambrium gestellt wird. Die dritte Schichtgruppe ist sandig entwickelt und beginnt mit einer *Erosions-Diskordanz*, die zuerst im Kambro-Ordovizium der Sahara 1955 beobachtet worden ist. Sie wurde in den oberen Teil des Ordovizium(?), oder auch an der Basis des Gotlandium (= Silur), eingeordnet, gehört aber viel eher dem gotlandischen (= silurischen) Zyklus an. Dieses Kambro-Ordovizium ist im Osten geringmächtig (150 m), gegen Westen aber schwillt seine Mächtigkeit in der Falten-Kette von Dhlou beträchtlich an, wo es wieder zu Tage tritt, jedoch seine Basis nicht bekannt ist.

Das transgressive Gotlandium (= Silur) (100 m) ist in seinem unteren Teil mergelig, in seinem oberen kalkig ausgebildet. Es ist an der Basis durch Graptolithen des Llandovery (Zone 19) gekennzeichnet, darüber durch Mollusken- und Crinoiden-Faunen.

Die Übergangs-Zone (145 m) und das Gedinne (40 m) zeigen im Süden eine schiefrige und im Norden eine sandig-kalkige Entwicklung und führen am Dach eine Trilobiten-Fauna des Gedinne.

Das Unter-Devon (max. 300 m) besteht aus Mergeln mit weit aushaltenden Lumachelle-Bänken. Am Dach wird es sandig und führt Phosphat-Knollen. Neritische Brachiopoden-Faunen erlauben eine Einstufung in das Siegen und Ems.

Das Mittel-Devon (300-400 m) umfaßt ein sandiges Unter-Couvin mit *Paraspirifer cultrijugatus*, darüber folgt eine Mergel/Kalk-Wechsellagerung (Ober-Couvin und Givet), die am Dach ein wenig mehr detritogen wird. Die Brachiopoden- und Korallen-Fauna (*Calceola*) sind hier überaus arten- und individuenreich und erlauben eine lokale Feinstratigraphie. Einige, örtlich eng begrenzte Bioherme wurden im Ober-Couvin beobachtet, im Givet dagegen kommen Biostrome vor, die über weite Flächen aushalten. Das Ober-Couvin liegt deutlich transgressiv auf Unter-Couvin.

Das Ober-Devon (350 m) besteht aus einer tonig-schiefrigen Serie, deren Eintönigkeit nur durch einzelne Lumachelle-Kalkbänke mit *Cyrtospirifer verneuili* oder Korallen unterbrochen wird.

Das gesamte Paläozoikum (1600 m im Osten) besteht aus epikontinentalen Ablagerungen am Rande eines nach Norden und Westen offenen Meeres. Der gesamte Schichtenkomplex wurde in Horizonte von lokaler Bedeutung unterteilt, die von 1 bis 102 durchnummeriert wurden; sie sind im Text in fetter Kursivschrift wiedergegeben.

Der Abschnitt Petrographie gibt eine genaue Beschreibung jedes einzelnen Horizontes. Außerdem werden bei dieser Gelegenheit einige Probleme von allgemeiner Bedeutung erörtert: die Silexbildungen im Sandstein (S. 135), die Mineralien der oolitischen Eisenerze (S. 333), der Glaukonit der Schichtgruppe von l'Oumat el Ham (S. 154), die Phosphat-Knollen des Kambro-Ordovizium und des Devon (S. 338). Weiterhin werden mikrofazielle Verhältnisse beschrieben und abgebildet (Taf. XI bis XXII). Die Tone der gesamten Schichtenfolge zeigen eine starke Vorherrschaft von Illit gegenüber Kaolinit und Chlorit. An den Gesteinen wurden insgesamt 181 chemische Analysen ausgeführt, die eine genaue Bestimmung gestatteten.

Der paläontologische Teil ist aus der Sicht des Stratigraphen geschrieben, mit dem Ziel, die Faunen auf ihren Leitwert in Bezug auf die 102 lokalen Horizonte zu prüfen. Daher wurde eine große Zahl von Faunen-Gesellschaften abgebildet, geordnet nach den Horizonten (Taf. XXIII bis L). Ein Index erleichtert das Auffinden der einzelnen Arten im Text. Trotz der Fülle der Faunen bleiben bestimmte stratigraphische Grenzen unsicher, so daß für künftige Bearbeitung noch Raum bleibt. Alle Fossilbestimmungen wurden von Spezialisten ausgeführt.

Fünfzig stratigraphischer Übersichtstafeln, geordnet in der Reihenfolge der lokalen Horizonte 1-102, fassen die Einzelangaben zusammen. Ihre Anwendung ist auf S. 60 erläutert. Zwei farbige geologische Karten im Maßstab 1:50 000 (Gara Fouq Gara und Bir Aidiate) liegen der Arbeit bei (zwei weitere sind geplant). Die Karten zeigen die Struktur der NNE-SSW streichenden varistischen (= «hercynien») Falten am Rand des praekambrischen Sockels. Im NE lagert ein Teil des Paläozoikums als Tafel flach und flachgewölbt. Im SW dagegen zeigt die Tektonik den Beginn einer leichten Aufschübung des Paläozoikums auf den praekambrischen Sockel. Die transgressive Kreide und die Quartär-Gebiete werden auf den Karten in gleicher Weise dargestellt.

ABSTRACT

This report is a detailed study, as objective as possible, of the stratigraphy of the Paleozoic formations of the Zemmour. This region forms the southwestern part of the Tindouf Basin, at the place where this syncline, with an east-west axis, is intercepted by folds trending north-northeast to south-southwest.

The work is designed to provide a detailed description of the results, as well as to state general ideas and offer syntheses. The work starts with a general discussion of the geography, the geological framework (with a synthesis of the major features of the geology of the western Sahara), the methods of work (especially the practical utilization of analyses of carbonate rocks), and definition of the terms employed.

The principal parts of the work are devoted to the stratigraphic study, describing the following units: 1) Cambro-Ordovician; 2) Gotlandian; 3) Transition zone from the Gotlandian to the Devonian, and the Gedinnian; 4, 5, 6) Lower, Middle and Upper Devonian. Each part is divided into four chapters: after an historical discussion, I) a stratigraphic study, with description followed by correlation of the sections; II) a petrographic study, with discussion of the principal facies, general petrographic characteristics, and conditions of sedimentation; III) a paleontological study, with faunal lists and vertical range of species, but without paleontological descriptions; IV) a stratigraphic synthesis, which is a recapitulation and the conclusion of each of the parts, including a synthesis of the subject stratigraphic subdivision for the entire Sahara.

The Cambro-Ordovician has been divided into three series, El Thlethyate, Oumat el Ham, and Garat el Hamouëid. The first, principally sandstone and dolomite, with stromatolites, is assigned to the Infracambrian; it is transgressive toward the northeast. The second, shale and sandstone, with glauconite, has provided a fauna of inarticulate brachiopods (*Acrothele*) and has been assigned to the Lower Cambrian, according to determinations by P. POULSEN. The third, a sandstone, begins with a dissected unconformity surface, which is the first to have been recognized (1955) in the Cambro-Ordovician of the Sahara. While this series is attributed to the upper part of the Ordovician or to the base of the Gotlandian, it represents the commencement of the Gotlandian cycle. The Cambro-Ordovician, thin to the east (150 m.), thickens considerably westward into the folded chain of Dhlou, where it reappears, but without the base being exposed.

The transgressive Gotlandian (100 m. thick) is shale in the lower part and limestone in the upper. It is characterized at the base by Llandoveryan graptolites (zone 19), followed by faunas of molluscs and crinoids.

The Transition zone (145 m.) and the Gedinnian (40 m.), represented by shale in the south and sandstone and limestone in the north, have a Gedinnian trilobite fauna in the upper part.

The Lower Devonian (maximum 300 m.) is a shale with persistent beds of coquina. It becomes sandy in the upper part, with layers of phosphate nodules. Faunas of neritic brachiopods permit the recognition of the Siegenian and the Emsian stages.

The Middle Devonian (300 to 400 m.) contains a lower Couvinian sandstone with *Paraspirifer cultrijugatus*, then a sequence of marls and limestones (upper Couvinian and Givetian) with an increase in detrital material toward the top. The brachiopod and coral (*Calceola*) faunas are very rich and permit a detailed local stratigraphic zonation. Some very local bioherms are known in the upper Couvinian and more extensive biostromes in the Givetian. The upper Couvinian is strongly transgressive on the lower Couvinian.

The Upper Devonian (350 m.) consists of an argillaceous and silty series, the monotony of which is broken by some beds of coquinoidal limestones with *Cyrtospirifer verneuili* and corals.

The entire Paleozoic (1,600 m. thick in the east) was deposited in a platform environment on the border of a sea open to the north and west. It has been subdivided into beds of local importance numbered from 1 to 102 in italics throughout the text.

The petrographic study is a detailed description of each of these units. Certain problems of a general nature are studied, such as the chertification of sandstone (p. 135), oolitic iron minerals (p. 333), glauconite in the Oumat el Ham series (p. 154), phosphatic nodules and pebbles in the Cambro-Ordovician and the Devonian (p. 338). Some fine examples of microfacies are described and figured (Pl. XI to XXII). The shales in the entire section show a strong predominance of illite over kaolinite and chlorite. Chemical analyses have been made of 181 samples, permitting precise determination.

The paleontological study is made from the stratigraphic standpoint, to recognize the faunas and their sequence with respect to the 102 stratigraphic units. There are numerous figures of the faunal assemblages, classified by zones (Pl. XXIII to L). The species are indexed for reference to page and plate number. In spite of the abundance of the faunas, certain stage boundaries remain uncertain and much further work is required. All the determinations were entrusted to specialists.

Fifteen synoptic stratigraphic tables summarize all the analytical findings, classified in the order of the local stratigraphic units 1 to 102. Their use is explained on p. 60. Two colored geological maps on a scale of 1:50,000 (Gara Foug Gara and Bir Aidiate) accompany the work (two others being in preparation). These maps show the structure of the Hercynian folds oriented north-northeast to south-southwest on the border of the Precambrian shield. In the northeast part, the Paleozoic remained tabular and homoclinal. Toward the southwest, on the other hand, the tectonic pattern shows a slight overthrusting of the Paleozoic upon the shield. The transgressive Cretaceous and the Quaternary terraces are also shown on the maps.

PLAN GÉNÉRAL DE L'OUVRAGE

Texte :	Pages
TABLE DES MATIÈRES	1
AVANT-PROPOS	9
GÉNÉRALITÉS	13
Première partie : LE « CAMBRO-ORDOVICIEN »	63
Deuxième partie : LE GOTLANDIEN	211
Troisième partie : LA ZONE DE PASSAGE DU GOTLANDIEN AU DÉVONIEN ET LE GEDINNIEN ..	267
Quatrième partie : LE DÉVONIEN INFÉRIEUR	293
Cinquième partie : LE DÉVONIEN MOYEN	377
Sixième partie : LE DÉVONIEN SUPÉRIEUR	483
Annexes :	
Tableaux d'analyses chimiques (tableaux 1 à 25)	517
Bibliographie	569
Planches hors-texte (planches I à L)	583
Index paléontologique	685
Annexes en pochette :	
Tableaux stratigraphiques (tableaux I à XV).	
Cartes géologiques au 50 000 ^e en couleurs :	
Gara Foug Gara	
Bir Aïdiat	
(seront publiées ultérieurement les feuilles Tighirt et Oumat el Ham)	

TABLE DES MATIÈRES

GENERALITES

CHAPITRE I. — Cadre géographique

A. — Géographie physique	15
1° Les limites	15
2° Relief-altimétrie	16
3° Géomorphologie	18
4° Le climat	19
5° Hydrographie et points d'eau	22
6° La végétation	27
7° La faune	28
B. — Géographie humaine	29
1° Les populations	29
2° L'organisation pastorale	32
3° Les courants commerciaux	33
C. — Glossaire des principaux termes arabes utilisés	34
1° Relief	34
2° Hydrographie — points d'eau	35
3° Routes — pistes	36
D. — Documentation géographique	37
1° Cartes topographiques	37
2° Points astronomiques	37
3° Photographies aériennes	38

CHAPITRE II. — Cadre géologique

A. — Les grandes lignes de la géologie du Sahara occidental	39
1° Limites	39
2° Historique	39
3° Géologie	41
B. — Esquisse géologique du Zemmour	45
1° Le socle précambrien	45
2° Le Paléozoïque	46
3° Le Crétacé	47
4° Les formations récentes	48

CHAPITRE III. — Méthodes de travail

A. — Les méthodes de travail sur le terrain	51
B. — Les études au laboratoire	52
1° Fichier pétrographique	52
2° Fichier paléontologique	53
C. — Définition de certains termes utilisés	54
1° Structure et texture	54
2° Dimension, arrondi et usure des grains	55
3° Conglomérat-grès-siltstone-pélite-argile	56
4° Microfaciès	57
5° Calcaires, dolomies et roches intermédiaires	58
D. — Elaboration des « tableaux stratigraphiques détaillés »	60

PREMIERE PARTIE

LE « CAMBRO-ORDOVICIEN »

CHAPITRE I. — Etude stratigraphique

A. — La série classique « cambro-ordovicienne » du Zemmour	66
B. — Etude descriptive des coupes de détail	68
1° Coupe d'El Thlethyate (Sahara espagnol) (Coupe A)	68
2° Coupes d'Aghachan el Akhdhar (Coupes B ₁ , B ₂ , B ₃)	71
a) coupe de la partie sud (coupe B ₁)	71
b) coupe de l'extrémité sud (coupe B ₂)	74
c) coupe de la partie centrale (coupe B ₃)	77
3° Coupes de l'Oumat Chaggag (Coupes C ₁ et C ₂)	79
a) coupe du guelb central-est (coupe C ₁)	79
b) coupe d'une butte-témoin au NE du massif (coupe C ₂)	83
4° Coupe de l'Oumat el Ham (Coupe D ₁)	84
5° Coupe des Gour Lemdeïlbeh (Coupe E ₁)	89
6° Coupe du flanc est de la Gara Bouya Ali (Coupe F ₁)	90
7° Coupes d'El Rgheoua (d'après F. JACQUET)	93
a) coupe du côté de l'Oued Dererga (coupe G ₁)	94
b) coupe du sommet d'El Rgheoua (coupe G ₂)	94
C. — Essai de corrélation entre les coupes précédentes	95
D. — Mise en évidence de deux séries « cambro-ordoviciennes »	97
I. — Etude de coupes de détail montrant une puissance anormalement réduite des pélites à glauconie ..	98
1° Coupe du flanc est de la Garat el Hamoueïd occidentale (Coupe H ₁)	98
2° Coupes de la Garat el Hamoueïd est (Coupes H ₂ et H ₃)	101
3° Coupes du Sud de l'Oumat Chaggag (Coupes C ₃ et C ₄)	103
a) coupe C ₃	103
b) coupe C ₄	106
II. — Mise en évidence de deux séries séparées par une discordance de ravinement	107
III. — Essai de reconstitution du modelé de l'ancienne surface topographique conservée sous les grès supérieurs	109
1° Coupe d'une butte-témoin de la branche sud-est du massif en croix de l'Oumat el Ham (Coupe D ₃) et coupe en long de la falaise voisine (Coupe D ₄)	109
2° Coupe de l'extrémité de la branche sud-est du massif en croix de l'Oumat el Ham (Coupe D ₅)	110
3° Coupes de la Garat el Hamoueïd occidentale (Coupes H ₄ et H ₅)	111
4° Reconstitution de la topographie fossile, à l'emplacement des Garat el Hamoueïd	113
5° Reconstitution de la topographie fossile de l'Oumat Chaggag	113
IV. — Conclusions	115
E. — Mise en évidence de nouvelles formations au sommet de la série de l'Oumat el Ham	117
1° Coupe nord-sud au confluent de l'Oued Belfaa et de l'Oued Ezrayeb (Coupe D ₆)	118
2° Coupes de l'Oued Ezrayeb (Coupes D ₇ et D ₈)	120
3° Coupe transversale WNW-ESE de l'Oued Ezrayeb à l'Oued Belfaa (Coupe D ₆)	121
4° Conclusions	122
F. — Les faciès puissants du « Cambro-Ordovicien » de l'Ouest	123
1° Coupe de Khang Ezrayeb	123
2° Coupe du « Cambro-Ordovicien » de l'anticlinal d'Aguelte Bouziane	125
3° Anticlinaux de Dhlou, à l'Ouest d'Aïdiat	125
4° Anticlinal de la Guelta du Zemmour	125
5° Coupe d'El Aghchéouat (Kédiat el Helab)	126
6° Conclusions	126

CHAPITRE II. — Etude pétrographique

A. — Etude pétrographique de la série d'El Thlethyate	129
1° Liste des roches	130
2° Les dolomies de la zone puissante de l'Ouest	130

3° Les dolomies, les dolomies gréseuses et les grès dolomitiques des zones peu puissantes	132
4° Les schistes argileux	133
5° Les grès et les quartzites	133
6° Les cherts en bancs et les accidents siliceux dans les dolomies et les grès	134
7° Caractères pétrographiques généraux	136
8° Conditions de sédimentation	139
B. — Etude pétrographique de la série de l'Oumat el Ham	140
1° Les conglomérats de base	141
2° Les grès feldspathiques grossiers	144
3° Les grès à <i>Scolithes</i>	147
4° Les schistes micacés à glauconie (argiles, pélites et siltstones)	150
I) Les schistes	151
II) Les roches associées	154
a. les glauconitites	154
b. les petits lits de calcaires silteux	158
III) Caractères généraux des schistes micacés à glauconie	159
5° Les minerais de fer de Gara Bouya Ali	160
6° Les grès schisteux de l'Oued Ezrayeb	162
7° Caractères pétrographiques généraux de la série de l'Oumat el Ham	163
8° Conditions de sédimentation	165
C. — Etude pétrographique de la série de Garat el Hamoueïd	166
1° Les roches altérées de la paléosurface d'érosion	167
2° Les conglomérats de base à débris de pélites vertes et à galets phosphatés	169
3° Les grès fins quartzeux et sériciteux à glauconie de la base	173
4° Les grès-quartzites massifs	174
5° Les autres faciès grésilo-silteux de la série	175
6° Caractères pétrographiques généraux de la série de Garat el Hamoueïd	176
7° Conditions de sédimentation des grès de la série de Garat el Hamoueïd	177

CHAPITRE III. — Etude paléontologique

A. — Généralités	179
B. — Les niveaux fossilifères	179
1° Les Stromatolithes de la série d'El Thlethyate	180
2° Les grès à <i>Scolithus</i>	182
3° Faunule des argiles à <i>Acrothele</i> d'Aghachan el Akhdhar	186
4° Faunule à Brachiopodes inarticulés et à empreinte réticulée du niveau ferrugineux de Gara Bouya Ali	187
5° Les empreintes de <i>Camarotoechia</i> des grès de la série de Garat el Hamoueïd	188
C. — Conclusions : âge des trois séries « cambro-ordoviciennes » définies	189

CHAPITRE IV. — Synthèse stratigraphique

A. — La série stratigraphique proposée pour le « Cambro-Ordovicien » du Zemmour	191
B. — Comparaisons et relations avec les régions voisines	195
1° Corrélations avec le Sud-marocain (Anti-Atlas)	195
2° Corrélations avec le Sud-algérien	199
3° Corrélations avec l'Afrique occidentale	204
C. — Comparaison avec les formations paléozoïques inférieures d'autres régions du monde	208

DEUXIEME PARTIE

LE GOTLANDIEN

Introduction	213
A. — Historique	213
B. — Zones d'affleurements	214

CHAPITRE I. — Etude stratigraphique

A. — Description des coupes	215
1° Coupe à 11 km à l'Ouest de Gara Bouya Ali (Coupe F ₁)	216
2° Coupe du guelb Sensal nord (Coupe E ₂)	218
3° Coupe d'une petite butte-témoin entre l'Oued Belfaa et l'Oued Ezrayeb (Oumat el Ham) (Coupe D ₁₀)	221
4° Coupes et observations complémentaires	223
a. la bordure sud de la Kédia Leglaga	223
b. le synclinal d'Aguelt el Fiadh	223
c. la butte-témoin de Gara Foug Gara	225
d. le synclinal de l'Oumat Chaggag	226
e. la chaîne de Dhlou	227
B. — Essai de synthèse	227
1° Corrélation des coupes étudiées	227
2° Subdivisions du tableau stratigraphique IV (Gotlandien)	229

CHAPITRE II. — Etude pétrographique

A. — Liste des roches	231
B. — Etude pétrographique des principaux faciès	232
1° Les argiles et les schistes argileux	232
2° Les argiles ferrugineuses (ocres) et gypseuses — les gypses et les calcaires gypseux	233
3° Les calcaires et les dolomies	234
C. — Caractères pétrographiques généraux	237
1° Caractères des clastiques minéraux	237
2° Caractères de la phase argileuse	238
3° Caractères de la phase chimique et chimico-organique	238
4° Caractères des clastiques organiques	238
5° Microfaciès	239
D. — Conditions de sédimentation	239

CHAPITRE III. — Etude paléontologique

A. — Associations de faunes et niveaux caractéristiques	243
1° Les schistes à Graptolites (<i>Monograptus triangulatus</i>) (niveau 16)	243
2° Faune des calcaires gypseux à petites « Rhynchonelles » (17)	247
3° Faune des calcaires fétides bleu noir à <i>M. priodon</i> (18)	248
4° Faune des calcaires bleu noir fétides à Lamellibranches (20)	249
5° Faune des calcaires à entroques à <i>Scyphocrinus elegans</i> et <i>Orthoceras</i> cf. <i>bohemicum</i> (21)	250
6° Schistes à empreintes d' <i>Avicula</i> cf. <i>scala</i> (22)	250
7° Calcaire à lobolithes, à <i>Scyphocrinus elegans</i> et <i>Panenka bohémica</i> (23)	251
8° Faunule des schistes à <i>Avicula glabra</i> (24)	252
B. — Caractères généraux de la faune gotlandienne	253
C. — Discussion sur l'âge des différents niveaux	255

CHAPITRE IV. — Synthèse stratigraphique

A. — Stratigraphie proposée pour le Gotlandien du Zemmour	257
B. — Comparaisons et relations avec les régions voisines	258
1° Corrélations avec le Maroc	258
2° Corrélations avec la bordure sud du bassin de Tindouf	260

3° Corrélations avec l'Algérie et le Sud-algérien	261
4° Corrélations avec l'Afrique occidentale	262
C. — Paléogéographie du Gotlandien	263
D. — Rapports avec des régions plus lointaines	264

TROISIEME PARTIE

LA ZONE DE PASSAGE DU GOTLANDIEN AU DEVONIEN ET LE GEDINNIEN

Introduction	269
--------------------	-----

CHAPITRE I. — Etude stratigraphique

A. — Description des coupes	271
1° Coupe de la Kédia Leglaga (Coupe F ₃)	271
2° Observations et coupes complémentaires	274
B. — Essai de synthèse	275
1° Corrélation des différents faciès	275
2° Tableau stratigraphique	276

CHAPITRE II. — Etude pétrographique

A. — Liste des roches	277
B. — Etude des principaux faciès	278
1° Les grès calcaires et calcaires grésilo-silteux chamois de la Kédia Leglaga	278
2° Les niveaux argileux de la zone de passage	279
3° Les marno-calcaires à Trilobites du Gedinnien	280
C. — Caractères pétrographiques généraux de la zone de passage et du Gedinnien	282
1° Caractères des clastiques minéraux	283
2° Caractères de la phase argileuse	283
3° Caractères de la phase chimico-organique	284
4° Caractères des clastiques organiques	284
5° Microfaciès	284
D. — Conditions de sédimentation	284

CHAPITRE III. — Etude paléontologique

1° Microfaune des calcaires silteux de la Kédia Leglaga	287
2° Faune des marno-calcaires des Oudeï Sekkoum	287
3° Discussion de l'âge de la zone de passage	288

CHAPITRE IV. — Synthèse stratigraphique

A. — Stratigraphie proposée pour la zone de passage et le Gedinnien au Zemmour	289
B. — Problème de la limite Gotlandien-Dévonien	290
1° En Afrique	290
2° En Europe	291

QUATRIEME PARTIE

LE DEVONIEN INFÉRIEUR

Introduction	295
Historique	295
Zones d'affleurements	295

CHAPITRE I. — Etude stratigraphique

A. — Description des coupes	297
1° Coupe du Dévonien inférieur de Khang Lejouad (Coupe F ₁)	297
2° Coupe à l'Est de Tighirt (Coupe E ₃)	302
3° Coupe de Douik Çreier (Coupe D ₁₁)	306
4° Coupe de Bir Aïdiat (Coupe B ₄)	310
5° Coupes et observations complémentaires	314
a. dalle calcaire lumachelique à <i>Sp. pellico-paradoxus</i>	314
b. dalle d'Iouinegt et dalle de Bir Aïdiat	314
c. le Dévonien inférieur sur l'axe Smara-El Rgheoua	314
d. le Dévonien inférieur de la zone plissée	315
B. — Essai de synthèse : corrélation des coupes étudiées	315

CHAPITRE II. — Etude pétrographique

A. — Liste des roches	321
B. — Etude pétrographique des principaux faciès	322
1° Les schistes argileux (argiles, argiles silteuses et siltstones argileux)	322
2° Les siltstones calcaires	324
3° Les grès, grès-quartzites et grauweekes	325
4° Les grès calcaires et les grès calcaires lumacheliques	325
5° Les calcaires lumacheliques gréseux et silteux	327
6° Les calcaires lumacheliques	328
7° Les minerais de fer oolithiques et les niveaux à oolithes de chlorite	333
+ Intérêt économique des minerais de fer du niveau 42	336
+ Répartition des oolithes de chamosite dans le Dévonien inférieur	336
+ Conditions de sédimentation	336
8° Les niveaux à nodules et galets phosphatés	338
+ Caractères généraux des niveaux phosphatés et conditions de sédimentation	342
+ Caractère détritique des roches phosphatées constituant les nodules	343
C. — Caractères pétrographiques généraux	345
1° Caractères des clastiques minéraux	345
2° Caractères de la phase argileuse	348
3° Caractères de la phase chimique et chimico-organique	349
4° Caractères des clastiques organiques	349
5° Microfaciès	350
D. — Conditions de sédimentation	351

CHAPITRE III. — Etude paléontologique

A. — Les associations de faunes et les niveaux caractéristiques	353
1° Les lumachelles de Brachiopodes à nodules phosphatés	353
2° La zone des lumachelles à <i>U. oehlerti</i>	354
3° La zone à <i>Sp. e.g. rousseaui</i> et <i>Sp. e.g. trigeri</i>	355
4° Les grès fins à patine noire à empreintes de <i>Pleurodictyum</i> , <i>Trigeria</i> et <i>Chonetes</i>	357
5° Les lumachelles à <i>Sp. fallax</i>	357
6° La lumachelle à <i>Acrospirifer</i> sp. e.g. <i>paradoxus-pellico</i> des Oudeï Askaf	361
B. — Caractères généraux de la faune du Dévonien inférieur	363
C. — Discussion sur l'âge des niveaux et les limites d'étages	363

CHAPITRE IV. — Synthèse stratigraphique

A. — Stratigraphie proposée pour le Dévonien inférieur du Zemmour	367
B. — Comparaisons et relations avec les régions voisines	368
1° Corrélations avec le Maroc	369
2° Corrélations avec le bord sud du synclinal de Tindouf	370
3° Corrélations avec les autres régions du Sud-algérien	371
4° Corrélations avec l'Afrique occidentale	372
C. — Paléogéographie du Dévonien inférieur	372
D. — Rapports avec des régions lointaines	373

CINQUIEME PARTIE

LE DEVONIEN MOYEN

Introduction	379
Historique	379
Zones d'affleurements	380

CHAPITRE I. — Etude stratigraphique

A. — Description des coupes	381
1° Coupe du Dévonien moyen d'Aguel Nebka et d'Amgli el Harra (Coupe F _s)	381
2° Coupe du Dévonien moyen de Tighirt (Coupe E _u)	385
3° Coupe du Dévonien moyen de Douik Çreïer (Coupe D ₁₂)	390
4° Coupe du Dévonien moyen de Bir Aïdiat (Coupes B ₅ et B ₆)	394
5° Coupes et observations complémentaires	399
a. marno-calcaires d'Aguel Oudiat el Khyam (Coupe D ₁₃)	399
b. marno-calcaires à Goniatites de la pointe sud-ouest du massif crétacé d'Aïdiat	402
c. Dévonien moyen du brachysynclinal des Oudeï Askaf	403
B. — Essai de synthèse : corrélation des coupes étudiées	405

CHAPITRE II. — Etude pétrographique

A. — Liste des roches	409
B. — Etude pétrographique des principaux faciès	410
1° Les conglomérats phosphatés d'Aïdiat (niveaux 71 et 73) et les grès associés (niveaux 70 et 72) ..	410
2° Les grès-quartzites du Couvinien inférieur (69, 74, 76 et 78)	411
3° Les grès calcaires et calcaires grésilo-silteux à <i>P. cultrijugatus</i> (77)	413
4° Les siltstones argileux micacés (« grès de Tighirt » <i>sensu lato</i>) du Couvinien inférieur (67, 69, 72, 74, 76 et 77)	414
5° Les roches carbonatées associées aux siltstones de Tighirt (74 bis)	416
6° Les siltstones calcaires et calcaires silteux de l'Amgala (89)	416
7° Les lumachelles et encrinites de l'Amgala (88 bis et 89)	417
8° Les calcaires oolithiques de l'Amgala (89)	418
9° Les marnes du Dévonien moyen : marnes à Calcéoles et marnes de l'Amgala (80 à 86 et 88)	419
10° Les marno-calcaires à <i>Phacops fecundus</i> (80 et 81)	421
11° Les calcaires à Polypiers (79, 85 bis, 87 et 90)	422
C. — Caractères pétrographiques généraux du Dévonien moyen	424
1° Caractères des clastiques minéraux	424
2° Caractères de la phase argileuse	427
3° Caractères de la phase chimique et chimico-organique	428
4° Caractères des clastiques organiques	430
5° Microfaciès	431
D. — Conditions de sédimentation	431

CHAPITRE III. — Etude paléontologique

A. — Associations de faunes et niveaux caractéristiques	435
1° Faune des grès-quartzites à <i>Tropidoleptus</i> sp. e.g. <i>carinatus</i> (niveau 69)	435
2° Faune des siltstones argileux de Tighirt à <i>P. cultrijugatus</i> (74, 74 bis)	436
3° Faune et flore (?) des grès-quartzites de Tighirt (75)	438
4° Faune des calcaires grésilo-silteux à <i>P. cultrijugatus</i> et <i>Ch.</i> sp. e.g. <i>plebeia</i> (77)	438
5° Faune et flore (?) des grès fins à <i>Mucrospirifer</i> sp. et Plantes (?) (78)	439
6° Faune du biostrome à <i>Cystiphyllidés</i> et du bioherme d'Aïdiat (79)	439
7° Faune des marno-calcaires à <i>A. speciosus speciosus</i> et <i>Scoliophyllum lamellosum</i> (80)	440
8° Faune des marno-calcaires à <i>Werneroceras crispiforme</i> (81)	447
9° Faune des marnes vertes à <i>Calceola sandalina</i> (82-86)	455
10° Faune des calcaires à Polypiers inférieurs (87)	459
11° Faune des marnes et calcaires argileux de l'Amgala (88-88 bis)	463
12° Faune des calcaires à Polypiers supérieurs (90)	466
B. — Caractères généraux de la faune du Dévonien moyen	468
C. — Discussion sur l'âge des niveaux et les limites des étages	470

CHAPITRE IV. — Synthèse stratigraphique

A. — La stratigraphie proposée pour le Dévonien moyen du Zemmour	473
B. — Corrélations avec les régions voisines	476
1° Corrélations avec l'Afrique du Nord et le Sahara algérien	476
2° Corrélations avec l'Afrique occidentale	481
C. — Corrélations avec l'Europe	482

SIXIEME PARTIE

LE DEVONIEN SUPERIEUR

Introduction	485
Historique	485
Zones d'affleurements	486

CHAPITRE I. — Etude stratigraphique

A. — Description des coupes	489
1° Coupe du Dévonien supérieur de l'Oued Amgli el Harra (Coupe F ₆)	489
2° Coupes et observations complémentaires	493
a. coupe du premier synclinal à l'Ouest de Tighirt	493
b. Dévonien supérieur des synclinaux de la région de Douik el Akhdhar	493
c. Dévonien supérieur du synclinal du Nord d'Aïdiate	493
d. Dévonien supérieur des synclinaux des Oudeï Askaf et de l'Oued Timellouza	494
e. Dévonien supérieur de la région de Smara	494
B. — Récapitulation	495

CHAPITRE II. — Etude pétrographique

A. — Liste des roches	497
B. — Etude pétrographique des principaux faciès	498
1° Les schistes argileux : argiles silteuses, pélites argileuses et siltstones argileux	498
2° Les siltstones et grès fins quartzitiques et les siltstones et grès fins carbonatés	499
3° Les calcaires lumachelliques silteux	500
4° Les calcaires oolithiques	501
5° Les calcaires cristallins à Polypiers	503
6° Les dolomies et les roches dolomitiques	503
C. — Caractères pétrographiques généraux	504
1° Caractères des clastiques minéraux	505
2° Caractères de la phase argileuse	506
3° Caractères de la phase chimique et chimico-organique	506
4° Caractères des clastiques organiques	507
5° Microfaciès	507
D. — Conditions de sédimentation	508

CHAPITRE III. — Etude paléontologique

A. — Les associations de faunes	509
B. — Discussion sur l'âge des niveaux et les limites d'étages	510

CHAPITRE IV. — Synthèse stratigraphique

A. — La stratigraphie provisoire proposée pour le Dévonien supérieur du Zemmour	511
B. — Comparaisons et corrélations avec les régions voisines	513
1° Les zones émergées	513
2° Les faciès néritiques (grès et lumachelles à Brachiopodes)	513
3° Les faciès récifaux	514
4° Les faciès argileux et calcaires à Goniates	514
C. — Paléogéographie	515

AVANT-PROPOS

« C'est le travailleur solitaire qui découvre un sujet nouveau, mais plus le monde devient compliqué, moins nous sommes capables de conduire quoi que ce soit jusqu'au succès sans la collaboration des autres. »

Sir Alexander FLEMING.

« Une recherche n'est jamais complète. C'est la gloire d'un travail bien fait qu'il ouvre la voie à un autre, meilleur encore, et amène ainsi rapidement sa propre éclipse. L'objet de la recherche est l'avancement, non du chercheur, mais de la science. »

Professeur LOVELL.

(Traduction André MAUROIS.)

C'est à mon père que je dois ma vocation de naturaliste, à lui qui dès mon plus jeune âge m'initiait aux merveilles de la nature et aux surprises du microscope. Mais c'est Monsieur le Professeur Marcel ROUBAULT, Doyen de la Faculté des Sciences de Nancy, qui sut, alors que j'étais encore lycéen, et par l'intermédiaire d'une simple brochure sur l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie, m'enthousiasmer pour les Sciences de la Terre. Celui qui devint par la suite mon Maître à Nancy, a donc été à l'origine de ma vocation de géologue. Je lui en garde une immense reconnaissance et c'est pour moi, après douze années passées sur la terre africaine, une grande fierté et un grand honneur que de venir présenter à Nancy ce travail sous sa présidence.

Je voue également une vive gratitude à Monsieur le Professeur G. MATHIEU qui m'enseigna la Stratigraphie et sut me convaincre de l'utilité de l'analyse détaillée des séries paléozoïques. Je remercie de plus le Professeur J. HILLY ainsi que G. Rocci d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse et de s'être chargés, avec A. BERNARD, des démarches nécessaires à la soutenance.

Ma reconnaissance la plus chaleureuse s'adresse ensuite à Monsieur le Professeur P. PRUVOST qui, depuis 1955, a bien voulu s'intéresser de très près à mes travaux en Mauritanie et me faciliter l'accès du Laboratoire de Géologie de la Sorbonne, où j'ai pu ainsi bénéficier des conseils de ses collaborateurs, notamment Madame G. TERMIER et Messieurs les Professeurs J. JUNG, H. TERMIER et P. HUPÉ. J'ai pu en particulier suivre l'enseignement de Pétrographie du Professeur J. JUNG et me perfectionner dans une discipline souvent quelque peu négligée par les stratigraphes.

De quel inestimable soutien, tant matériel que moral, fut pour moi, au cours de ce long travail, l'aide amicale de Monsieur le Professeur G. MILLOT, du Laboratoire de Géologie de Strasbourg, dont j'avais précédemment été l'élève à Nancy. Il a accepté de relire et commenter, page par page,

l'ensemble de mon manuscrit, tâche d'autant plus méritoire que l'on connaît les innombrables occupations qui l'assaillent. C'est en suivant les avis de ce Professeur qui me fait l'honneur de me considérer comme un ami, que j'ai depuis peu opté pour la carrière universitaire. A ses collaborateurs, Madame CAMEZ, Mademoiselle ROTH et Monsieur LUCAS, j'adresse mes remerciements pour toutes les analyses d'argiles qu'ils ont réalisées pour ce travail.

De même, le Laboratoire de Clermont-Ferrand m'a été largement ouvert par Monsieur le Professeur M. ROQUES qui, lors de mes congés en Métropole, m'a autorisé à poursuivre l'étude microscopique de mes roches et fait bénéficier de ses conseils, dans l'atmosphère la plus familiale.

Je suis aussi très reconnaissant au regretté Professeur BARRABÉ de m'avoir donné accès au Laboratoire de Géologie de l'Ecole Normale Supérieure. J'ai pu y profiter du remarquable talent de son photographe Monsieur MEMIN, à qui sont dues la plupart des photographies des planches hors-texte.

Monsieur N. MENCHIKOFF m'a également prodigué ses conseils, avec la gentillesse qui lui est propre, et maintes fois reçu à son Laboratoire de Recherches Sahariennes, où j'ai eu avec ses collaborateurs, MM. J.-M. FREULON et J.-P. LEFRANC, d'utiles conversations.

Messieurs les Professeurs J. ROGER et J.-P. LEHMAN m'ont amicalement accueilli au Laboratoire de Paléontologie du Muséum de Paris, et m'ont facilité les contacts avec leurs collaborateurs paléontologues. Au Muséum également, Monsieur R. FURON, actuellement Président de la Société Géologique de France, m'a réservé le meilleur accueil, dans son Laboratoire de Géologie africaine.

Enfin j'ai trouvé, au Laboratoire de Géologie de Dakar, auprès de Monsieur le Professeur F. TESSIER, qui m'a fait le grand honneur de me choisir comme collaborateur, et auprès de mon ami R. DARS, une aide matérielle efficace et un soutien moral précieux pour la mise au point finale du manuscrit.

Ce travail de stratigraphie détaillée n'eût pas été possible sans la compétence et le labeur d'un grand nombre de spécialistes, au premier rang desquels viennent les paléontologistes. Ceux-ci ont effectué un travail considérable, dont ils ont eu la gentillesse de me laisser tout le bénéfice. C'est là une dette inestimable et dont je suis pleinement conscient. Je pense notamment à Mademoiselle J. DROT pour son étude scrupuleuse et minutieuse des Brachiopodes gotlandiens et dévoniens; à Mademoiselle D. LE MAITRE qui, en déterminant l'ensemble de mes Polypiers, m'a fait bénéficier de la façon la plus désintéressée, de sa grande expérience des faunes paléozoïques; à Madame G. PETTER, spécialiste confirmée et souriante des Goniatites; au Docteur J. PILLET qui a bien voulu, en dehors de ses obligations médicales, déterminer tous mes Trilobites; à Monsieur H. LARDEUX qui se passionne pour la délicate étude des Tentaculites; à Monsieur A. PHILIPPOT qui m'a fait profiter de sa grande connaissance des Graptolites; enfin au Docteur Ch. POULSEN qui a accepté d'étudier les Brachiopodes inarticulés du Cambro-Ordovicien, à une période où cependant l'organisation du XXI^e Congrès géologique international de Copenhague était pour lui une lourde tâche. Que tous en soient ici sincèrement et chaleureusement remerciés.

Dans un autre ordre d'idées, ma reconnaissance va, également et en tout premier lieu, au Service Géologique de l'A. O. F. et à tous ceux qui l'animèrent. Grâce à ce service qui, au moment de sa suppression en 1959, était devenu un magnifique outil de travail, j'ai pu réaliser un grand nombre de missions de terrain, et notamment celles qui ont permis d'aboutir à ce travail. Je sais gré à tous ses organisateurs, Messieurs les Directeurs MARELLE, OBERMULLER, NICKLÈS, GADILHE, MARVIER, SALA et BLANCHOT, de tous les efforts qu'ils ont déployés pour assurer la bonne marche de ces missions; à Monsieur A. BLANCHOT notamment, qui a accepté de renoncer aux joies du terrain pour se consacrer à la tâche combien plus ingrate de l'organisation du Service de la Carte Géologique.

Dans le cadre du même organisme, je tiens à signaler le travail considérable d'analyses chimiques effectué par Madame B. MARTINET, qui s'est astreinte à reprendre et vérifier tous les points des analyses qui ne semblaient pas en accord avec l'étude microscopique. Enfin je signalerai que je dois mon initiation à la géologie saharienne à mon camarade de promotion puis collègue mauritanien G. ROCCI. A lui également, je suis redevable de mon terrain de thèse, puisqu'il m'a volontairement abandonné l'étude du Zemmour paléozoïque pour consacrer tout son temps au Précambrien des

mêmes régions. Maintenant que nous avons tous les deux rejoint la carrière universitaire, c'est pour moi un très grand plaisir que Georges Rocci fasse partie de mon jury de thèse.

Sur le terrain, j'ai eu la chance de faire avec MM. J. BOROCO et R. NYSSSEN, de la S. N. REPAL, une tournée pour le Bureau de Recherches de Pétrole, au cours de laquelle ces géologues m'ont révélé les méthodes de travail des pétroliers, méthodes que j'ai pu apprécier et ai largement employées par la suite. Les mesures d'épaisseurs établies par ces deux camarades sont grandement utilisées dans ce travail qui est donc, pour une part, leur œuvre. Je leur en garde une vive gratitude, ainsi qu'à Monsieur I. ORTYNSKI qui a bien voulu m'autoriser à étudier les échantillons de cette mission conservés par la S. N. REPAL.

Au cours de la rédaction du texte, j'ai bénéficié des remarques et critiques d'un nombre considérable de géologues, dont je ne peux citer ici que quelques-uns : M. le Professeur Th. MONON, Directeur de l'Institut Français d'Afrique Noire; MM. M. ARNOULD, P. ELOUARD, H. FAURE, F. JOULIA et J. R. VILLEMUR du Service Géologique de Dakar; M. ALIA MEDINA, C. MUÑOZ CABEZÓN et J. DE LA VIÑA de Madrid; G. CHUBERT, H. HOLLARD, J. DESTOMBES et R. DU DRESNAY du Service Géologique du Maroc; P. GEVIN et L. LESSARD du Service de l'Hydraulique de l'Algérie; M^{me} S. GASSIER et MM. H. RADIER, A. PACHOUD et A. POUETO de Sociétés pétrolières d'Algérie; MM. R. LÉVY, A. PERRODON et J. JACQUEMONT du Bureau de Recherches de Pétrole à Paris; P. CAVET à Angers.

J'ai également contracté une dette considérable envers M^{me} ODIER, Secrétaire dévouée de la Société Géologique de France, toujours prête à rechercher les livres rares dont je pouvais avoir besoin.

Par ailleurs, ma reconnaissance la plus vive s'adresse à tous ceux qui, en Mauritanie, ont facilité matériellement ma tâche. En premier lieu à Monsieur MAROUF, Ministre chargé des Mines de la Mauritanie, qui a bien voulu m'autoriser à publier les résultats de mon étude. Ensuite aux Commandants de la subdivision de Fort Trinquet, les Capitaines DONNAT et MAYS; au Colonel BORRICAND et au Capitaine JOSSEMERAND qui m'ont aidé à la transcription des termes arabes; aux techniciens du Service de Navigation Aérienne et à leur chef M. KERDEVEZ, qui m'ont toujours réservé une hospitalité dans les meilleures traditions sahariennes. Enfin à José RIBERO RAMOS, chauffeur-mécanicien dévoué et à KHALIL ould ALI, Reguibi de la tribu des Souad, rompu à tous les métiers, chauffeur, cuisinier et... collecteur de fossiles.

En outre, j'adresse mes plus vifs remerciements à tous les Organismes et Sociétés qui ont consenti à subventionner l'impression définitive de ce travail, suspendue par suite de la disparition du Service Géologique de l'A.O.F. : le Centre National de la Recherche Scientifique, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières, le Bureau de Recherches de Pétrole, le Ministère des Mines de la Mauritanie, la Société Anonyme Française de Recherches et d'Exploitation de Pétrole, la Société Saharienne de Recherches Pétrolières, la Société Wintershall, la Société Shell de l'Afrique Occidentale, la Compagnie des Pétroles d'Algérie, the American Overseas Petroleum (Spain) Ltd., the Franco International Oil Co, the Atlantic Exploration Co, the Champlin Oil and Refining Co, the Phillips Oil Co, the Spanish Gulf Oil Co, the Richfield Sahara Petroleum Co, the Tidewater Oil Company of Spain, the Union Oil Company of Spain, the General American of Spain, the Pan American Oil Co, the Conorada Petroleum Corporation, the Esso Sahara Inc., Géoservices, le Commissariat à l'Energie Atomique, la Société de Recherches et d'Exploitation de Pétrole EURA-FREP, la Société Africaine des Pétroles et l'Ausonia Minière Française.

Enfin, je voudrais pouvoir citer tous les techniciens qui ont participé à l'impression du mémoire. Que tous soient remerciés et notamment MM. BROUILLET, pour ses dessins de lettres et LERICHE pour ses photographies de Brachiopodes inarticulés, à la Sorbonne; M. BRUNISSEN pour la qualité de ses planches de phototypie, M. CANNAC pour l'impression des Cartes géologiques en couleurs de la Société Nouvelle de Cartographie; M. A. LAHURE pour la difficile reproduction des tableaux stratigraphiques, M. L. JEAN pour la reproduction des dessins au trait, sans oublier M. Oumar DIOU pour son lourd travail de dactylographie.

Que tous ceux qui ont ainsi, d'une manière ou d'une autre, participé à ce travail, sachent que je n'oublie pas les innombrables dettes que j'ai ainsi contractées envers eux. Qu'ils considèrent ce travail comme leur œuvre à tous, et qu'ils y trouvent, c'est là mon plus grand espoir, tout ce qu'ils sont en droit d'en attendre.

GÉNÉRALITÉS

CHAPITRE I

CADRE GÉOGRAPHIQUE

A. — GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

1° *Les limites*

La région étudiée fait partie du Sahara occidental. Du point de vue administratif, elle était rattachée en 1955 à la subdivision de Fort Trinquet, cercle de l'Adrar, territoire de la Mauritanie, Afrique Occidentale Française. En 1960, elle fait partie de la République Islamique de Mauritanie. La carte de la fig. 1 situe cette région dans le cadre de l'Ouest africain.

Le Zemmour, dans son acception la plus large, est compris entre les méridiens 10° 30' et 12° 30' Ouest et entre les parallèles 24° 40' et 26° 30' Nord. C'est une région accidentée, située entre les grandes étendues monotones du Sahara espagnol (El Hadeb, Reg l'Asfar, etc.) à l'Ouest, les grands « regs » désertiques de l'Ouassat au Sud, du Ghallaman au SE et ceux du Yetti à l'Est. Au Nord, sa délimitation est plus difficile à préciser, car il passe insensiblement au versant méridional du grand bassin hydrographique de la Segua el Hamra (d'après certains Regueïbat, il faut y inclure le massif du Sekken à 30 km de Smara).

Le Zemmour commence donc au SW avec les Jebilet et se termine à l'Est au Steilet Bel Guer-dane.

Il se subdivise en deux régions bien distinctes, que les Maures appellent :

- le *Zemmour el Akhdhar* (Zemmour noir);
- le *Zemmour el Abiodh* (Zemmour blanc).

Le Zemmour noir correspond à la zone occupée par les formations paléozoïques; le Zemmour blanc à la zone granitique. Cette distinction par les couleurs correspond bien à la réalité, puisque les affleurements de grès primaires ont généralement une patine sombre, alors que les arènes granitiques donnent des regs clairs, roses ou blancs.

Le Zemmour blanc a fait l'objet d'une étude géologique approfondie due à G. Rocci (1955). Nous étudierons ici la partie du Zemmour noir située en zone française. La superficie intéressée est très réduite et surprendra les géologues sahariens habitués aux grands espaces : 2 100 km² seulement. Ce secteur a la forme d'un triangle rectangle dont les côtés de l'angle droit sont confondus avec la frontière franco-espagnole et dont l'hypothénuse correspond à la limite orientale du Paléozoïque. Deux des limites sont donc purement administratives et artificielles : l'une suit le

méridien 12°, l'autre le parallèle 26°. Elles sont évidemment une entrave à la bonne compréhension de la géologie du synclinorium du Zemmour, dont la partie occidentale, au Sahara espagnol, reste mal connue. La troisième limite est de nature géologique; mais c'est aussi une limite géographique, puisqu'elle sépare la zone des pitons ou *inselberge* granitiques de l'Est, des côtes et falaises sédimentaires de l'Ouest. Le contraste est frappant pour le voyageur qui, venant de Fort Trinquet et se dirigeant vers l'Ouest ou le NW, atteint les falaises des Oumat ou le massif de Gara Foug Gara.

2° Relief - Altimétrie

Comme nous venons de le voir, le Zemmour présente une topographie plus mouvementée que les régions qui l'entourent. Toutefois il ne s'agit jamais de reliefs véritablement montagneux, mais de simples collines ou falaises. Le Zemmour noir est constitué de cinq zones principales, de nature relativement différente :

a) La bordure orientale

Cette zone comporte surtout des massifs tabulaires ou légèrement inclinés vers l'WNW et dont les plus hautes falaises sont tournées vers l'Est ou l'ESE. Les « hauteurs de commandement » de ces massifs, au-dessus de la plaine granitique, ne dépassent que très rarement 200 m. Ces principaux massifs sont du SW au NE :

Jebilet - Ichergane - El Thlethyate - Aghachan el Akhdhar - Aghachan el Abiodh - Oumat Chaggag - Oumat el Ham - Maaziate - Gara Foug Gara - Gara Bouya Ali - Bou Dheir - Er Rgheoua.

Ces massifs, qui jalonnent le contact du socle précambrien avec le Paléozoïque, sont séparés par de larges passes et ne présentent donc pas un obstacle important aux itinéraires est-ouest. Les uns sont crétacés (Ichergane - Aghachan el Abiodh); les autres, cambro-ordoviciens, sont constitués par un entablement gréseux aux parois abruptes d'une quarantaine de mètres, reposant sur un talus schisteux vert (Oumat el Ham).

b) La zone des côtes monoclinales

Dès qu'on a traversé cette zone orientale, on accède à des reliefs moins élevés, mais très diversifiés dans le détail, comprenant surtout de nombreuses petites falaises parallèles (de 5 à 80 m de commandement), faisant généralement face à l'ESE, et qui sont dues au plongement des couches vers l'WNW. Cette zone est surtout développée dans la partie nord du secteur. De toutes ces nombreuses petites falaises, seules les plus importantes ont reçu un nom; citons entre autres : Douik Çreier (Dévonien inférieur), Tighirt (Dévonien moyen), Dalaat Asraoul (Dévonien inférieur et moyen), Amgala (Givetien et Dévonien supérieur), Kédia Leglaga (Gotlandien). Dans cette zone les falaises sont encore franchissables en automobile, grâce à des passes plus étroites toutefois que dans la zone précédente : passe de Tighirt, passe de Khang Lejouad, passe d'Aguel Amgli el Harra par exemple.

c) La zone des crêtes rocheuses

Au-delà de la région des côtes, on arrive dans une région très plate dans l'ensemble, mais qui présente dans le détail un relief très compliqué.

Anarchique à première vue, ce relief est commandé par la complexité d'une structure très plissée. Il est formé de petites crêtes très nombreuses, orientées NNE-SSW, qu'on peut franchir grâce aux oueds qui les traversent par des cluses. Les reliefs dignes d'attention sont rares : citons les Gleb el Aakrich, Douik el Akhdhar, Douik el Abiodh, Guelb el Aaïch. Ce type de relief est dû à l'érosion différentielle de couches très redressées, les unes schisto-argileuses, les autres grésocalcaires. Les principaux reliefs cités correspondent à des terminaisons périclinales de couches dures.

Vers l'Ouest, et notamment au NW, ces reliefs tourmentés s'empâtent dans des terrasses récentes qui facilitent la pénétration. Mais ces terrasses sont souvent très déchiquetées par l'érosion et les automobiles ont alors autant de difficulté à y circuler.

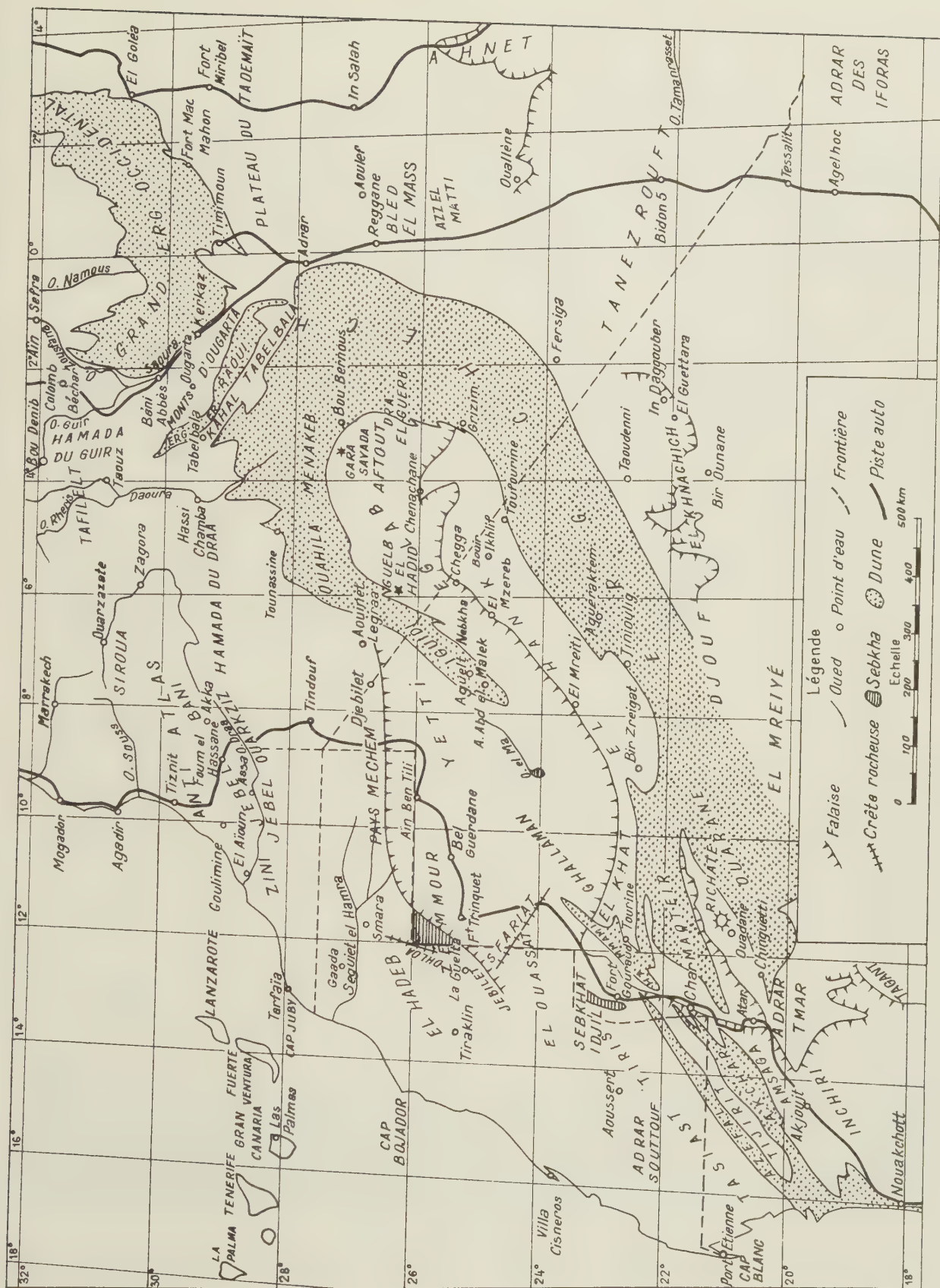


FIGURE 1. — Carte du Sahara occidental et des régions limitrophes

d) La zone de la chaîne de Dhlou

Lorsqu'on atteint cette zone, le relief change encore. Il s'agit d'une succession de chaînons essentiellement constitués de quartzites orientés SSW-NNE approximativement, suivant l'axe Guelta du Zemmour - Sekken. Cette zone suit la frontière nord-sud, qu'elle prend en écharpe au Nord (à Khang Ezrayeb) et dont elle s'éloigne vers l'Ouest à la hauteur d'Aïdiate. Les reliefs atteignent encore environ 150 m et la chaîne ne peut être franchie facilement, sinon par quelques passes telles que Khneig Zin Tamat, Khang Ramle, Khang Ezrayeb.

e) La couverture crétacée

Au-delà de ces passages, les reliefs s'ennoient sous le Crétacé qui apparaît d'abord sous forme de grandes buttes et de plateaux tabulaires (Aïdiate, Massif de la Guelta); on arrive ensuite aux grands regs monotones de l'Hadeb et du Reg l'Asfar, au Sahara espagnol. Mais on a dès lors quitté le Zemmour. Cette zone des témoins tabulaires crétacés peut empiéter plus ou moins sur les autres zones et c'est dans la région d'Aïdiate que le Crétacé s'avance le plus vers l'Est. Les falaises dentelliformes du Massif d'Aïdiate ont environ 80 m; les grès rouges et orangés donnent des falaises aux couleurs vives, magnifiques à contempler au coucher du soleil.

L'ensemble du Zemmour, surtout si l'on y ajoute les massifs granitiques et *inselberge* du Zemmour blanc, présente donc une grande variété orographique.

Aucune altimétrie n'a été faite dans cette région. L'altitude admise pour le camp d'aviation de Fort Trinquet est de 360 m. Il est donc vraisemblable que la région étudiée est comprise entre 200 et 500 m. Le réseau hydrographique (fig. 3) permet toutefois de se rendre compte des points hauts et bas. Il semble que le sommet soit la Gara Foug Gara (1), butte témoin de Gotlandien et de Crétacé restée perchée sur le massif gréseux cambro-ordovicien. En revanche, les points les plus bas sont vraisemblablement la grande sebkha de l'Oumat el Ham et le grand oued collecteur Aïn Terguit.

Toute la région étudiée, comme d'ailleurs le reste du Zemmour, est dénuée de cordons et massifs dunaires. Les seules petites accumulations de sable que l'on puisse observer se sont formées à l'abri des reliefs principaux, sous le vent dominant (p. 8). Ce sont donc de petits amas orientés NS ou NNE-SSW, collés à la face sud des reliefs; citons par exemple une petite dune d'une vallée intérieure du massif de Tighirt, les deux petites dunes de la passe de Khang Lejouad, et un petit cordon à Aghachan el Akhdhar.

Cette absence de dunes au Zemmour n'est pas récente, car on n'y rencontre pas non plus de dunes fixées fossiles. Si l'on observe la carte du Sahara occidental (fig. 1), on remarquera d'ailleurs que tous les grands massifs dunaires sont situés au SE d'une ligne parfaitement droite, allant d'Aïn Sefra à un point situé à mi-chemin entre Port-Etienne et Nouakchott.

3° Géomorphologie

Le modelé de la topographie, dans ces régions pratiquement dénuées de sols, est lié étroitement à la nature géologique des terrains. En anticipant un peu sur les descriptions géologiques qui suivront, on peut dire que :

a) *Les dépressions* sont des zones schisteuses, argileuses, marneuses ou gypseuses. Il n'existe pas ici, comme autour de l'Ahaggar, un véritable sillon intratassilien, car le Gotlandien n'est pas entièrement schisteux. Toutefois sa base (schistes à Graptolites) correspond toujours à une dépression suivie par des oueds, ou occupée par des daïas (mares). De même les marnes à *Calceola* se trouvent souvent dans des positions basses et masquées par des recouvrements quaternaires.

b) *Les falaises* sont liées au contraire à la présence de roches dures, se débitant en gros blocs, sans se désagréger : grès, quartzites et calcaires. Lorsque ces roches reposent sur des roches plus

(1) De *gara* = butte tabulaire et de *foug* = sur, en arabe.

tendres (pélites, siltstones, schistes, etc.), la falaise couronne un talus qui permet de voir ces dernières. C'est le cas des falaises du Cambro-Ordovicien, constituées de quartzites dominant un talus de pélites cambriennes; des falaises de calcaire gotlandien sur les schistes à Graptolites ou sur des gypses; des falaises du Dévonien inférieur : dalles calcaires d'Iouineght et de Bir Aïdiat sur des schistes et des siltstones; du Dévonien moyen quartzitique de Tighirt sur les siltstones sous-jacents; des grès calcaires givetiens de l'Amgala, sur les marnes vertes de même nom.

Certaines de ces falaises sont abruptes, notamment dans les quartzites. En particulier celles de l'Ordovicien contiennent de nombreux abris sous roches, sur les parois desquels les splendides peintures néolithiques sont parvenues jusqu'à nous. Par contre, d'autres présentent un modelé plus mou, lorsque la roche, au lieu de rester en gros blocs, se débite en petits parallélépipèdes rectangles. C'est notamment le cas de la crête noire située en avant de la falaise de Tighirt, dans les grès à empreintes d'*Orthis* du Siegenien supérieur, crête qui constitue un excellent chemin de roulement pour les camions.

Les zones broyées (failles, cassures) donnent de petites crêtes rocheuses disparaissant sous les éboulis des roches silicifiées très dures. C'est le cas par exemple d'une dizaine de petits pitons situés juste à l'Ouest de l'Oumat el Ham nord.

Autre influence de la géologie sur la topographie : les filons de dolérites. Ils sont généralement orientés ESE-WNW et recoupent par conséquent les structures géologiques et les falaises. Ils représentent donc dans le sens transversal les seules roches homogènes. Leur érosion différentielle, plus rapide que celle des épontes durcies par un léger métamorphisme, réalise un « chemin creux » qui traverse les formations géologiques sans se préoccuper de leur dureté et peuvent ainsi permettre un excellent passage dans le sens est-ouest habituellement difficile (par exemple, filon traversant le massif gréseux entre l'Oued Ezrayeb et l'Oued Belfaa, et grand filon à l'Ouest de Tighirt).

Enfin la couleur des terrains dépend généralement de la géologie; elle permet à un œil exercé de reconnaître rapidement certains niveaux :

- couleur verte du talus cambrien;
- bleu noir des calcaires gotlandiens;
- falaise bleu ciel d'Iouineght (Siegenien inférieur);
- falaise rousse de Bir Aïdiat (Siegenien);
- crête noire des grès à *Orthis* (Siegenien supérieur);
- calcaires bleus ou orangés des niveaux à Polypiers;
- couleur verte des marnes de l'Amgala;
- couleur noire des affleurements de Dévonien supérieur.

4° Le climat

Le climat de la région étudiée n'a encore jamais fait l'objet d'une étude particulière. Mais la station météorologique de Fort Trinquet ne se trouve qu'à une soixantaine de kilomètres et enregistre les données d'un climat que l'on peut considérer comme très voisin.

Ce climat est du type saharien, légèrement atténué par la proximité de la mer et celle du Sud-marocain.

a) Les températures

La température varie régulièrement au cours de l'année. Les courbes des années 1955 et 1956 (voir aussi les années 1953-1954 dans le travail de G. Rocci, 1955, p. 21) montrent que les minima sont en janvier et février, et que les maxima sont en juin, juillet, août et septembre, généralement en août. Au cours des années 1955-1956, la température sous abri a varié entre 3,5 et 47,6°. Les températures ne descendent pratiquement pas au-dessous de 0° et n'atteignent que très rarement 49°. Les variations journalières sont également importantes, de l'ordre de 10 à 20°. En été, on est souvent surpris, vers 18 heures, d'une brusque baisse de la température.

b) *Les précipitations*

Elles sont beaucoup plus irrégulières que les températures. Elles varient beaucoup d'une année à l'autre, car elles dépendent de plusieurs influences : en particulier,

- du système climatique du Sud-marocain qui donne des pluies fines d'hiver;
- du système soudanais qui fournit les pluies orageuses d'été.

Lorsque ces deux systèmes atteignent Fort Trinquet, les précipitations sont notables; certaines années, seul un des deux systèmes atteint la région, parfois ni l'un, ni l'autre. Par exemple en 1948, il est tombé au total 3 mm d'eau avec 3 jours de pluies !

Les pluies d'été (influence du Sud) apparaissent en août ou septembre, parfois même en octobre, en tous cas plus tard que dans la région de Fort Gouraud située plus au Sud. Elles peuvent donner des précipitations notables (en septembre des années 1944 et 1946, on a enregistré 74 mm d'eau en 4 jours).

A Fort Trinquet, la « normale » de pluie (calculée sur les précipitations de 1942 à 1956) est de 58,0 mm avec 10,9 jours de pluie par an. Le tableau n° 1 situe cette normale de pluviométrie par rapport à celle des autres postes de Mauritanie. Seul Port-Etienne possède une normale plus faible; Port-Etienne et Chinguetti accusent seuls un nombre de jours de pluie inférieur.

Stations	mm	Nombre de jours
Port-Etienne	26,8	7,4
Fort Trinquet	58,0	10,9
Fort Gouraud	59,3	12,9
Chinguetti	60,2	8,0
Akjoujt	104,4	13,2
Atar	110,7	16,3
Nouakchott	127,1	15,1
Tidjikja	147,9	14,9
Boutilimit	194,2	18,5
Moudjeria	217,5	17,9
Tamchakett	227,9	19,9
Mederdra	244,4	22,5
Néma	286,6	30,7
Aleg	292,5	20,4
Rosso	312,1	24,8
Timbédra	312,7	24,8
Aïoun el Atrouss	322,0	31,1
Boghé	323,0	21,5
Kiffa	354,7	26,5
Saint-Louis	389,5	31,7
M'Bout	407,3	28,7
Kaedi	407,5	27,3
(Dakar Ouakam)	528,6	46,1
Sélibaby	655,5	38,2

TABLEAU n° 1
Normales de pluies des stations météorologiques de Mauritanie

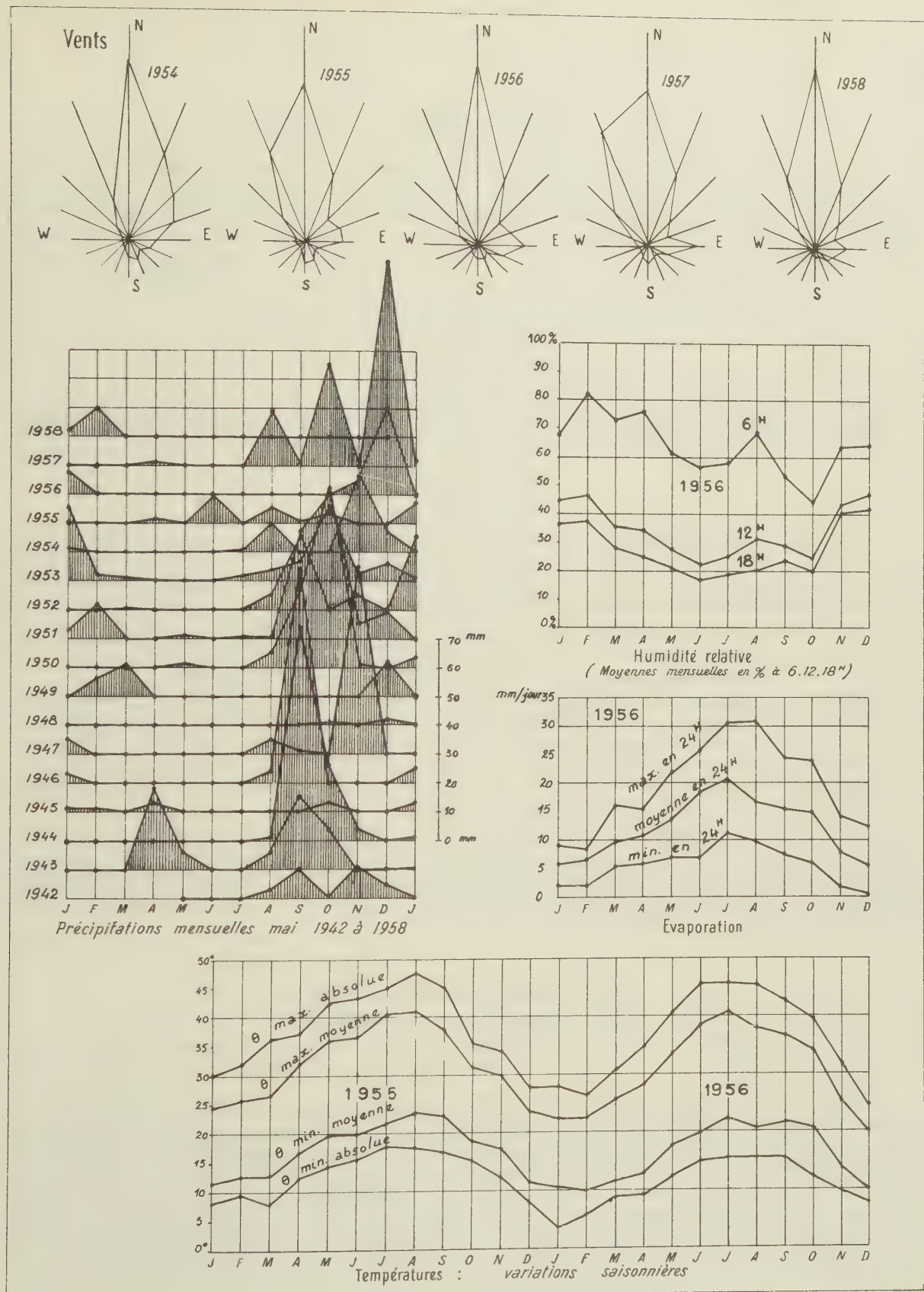


FIGURE 2. — Variations saisonnières des facteurs du climat

c) L'humidité

La station de Fort Trinquet relève l'humidité relative en % à 6, 12 et 18 heures TU. Le graphique de la figure 2 donne les variations pour l'année 1956. Le pourcentage se maintient généralement à plus de 55 % à 6 heures du matin. Si l'on compare avec les graphiques donnés par G. Rocci pour les années 1953-1954, on constate qu'il ne semble pas y avoir de règle précise pour le maximum et le minimum.

A midi, l'humidité ne dépasse pas 50 % et se situe généralement aux environs de 30 %. A 18 heures, elle a encore diminué de 5 à 10 % et peut atteindre un minimum de 20 %. La variation journalière entre le matin et le soir est approximativement de 40 %.

d) L'évaporation

Elle est minima en décembre, janvier et février; elle atteint son maximum en juillet et août. La moyenne quotidienne calculée sur 1956 est de 12,1 mm, évaporation considérable.

e) Les vents

La rose des vents, établie pour la période 1954 à 1958, montre une très grande prédominance des vents du secteur nord et NNW. Un deuxième maximum, mais trois fois moins important, concerne le secteur est. Par contre, les vents du secteur SW à NW sont insignifiants. Les vents au sol dépassent rarement 15 m/s, exceptionnellement 25 m/s.

Au cours de l'année 1956, on a enregistré 3 jours d'orage, 7 jours d'éclairs sans tonnerre, 1 jour de brouillard, 9 jours de brume sèche (de mai à septembre), 2 jours de vent de sable, 3 jours de rosée, 16 jours de pluie. Tout le reste du temps, on peut parler de « beau fixe ».

Toutes ces caractéristiques, grandes variations journalières et saisonnières des températures, précipitations très faibles et irrégulières, forte évaporation, vents dominants du Nord et de l'Est, sont le propre d'un climat saharien. Toutefois ce climat excessif est un peu adouci par le voisinage de la mer et surtout du Sud-marocain. Les vents sont régis par le déplacement des masses d'air en fonction de la position du « front intertropical ». Ce front, sensiblement est-ouest, se déplace plus ou moins vers le Nord en été, vers le Sud en hiver.

Le climat de Fort Trinquet est très agréable de la fin octobre à la fin avril. Les vents sont frais, la visibilité est bonne et le soleil agréable. Dans la région étudiée, les jours de brouillard semblent plus fréquents qu'à Fort Trinquet même. En été, le climat est pénible : forte chaleur, sécheresse, brume sèche, vent de sable. De mai à juillet, le travail de terrain devient très difficile. Il est déconseillé de fin juillet à septembre.

5° Hydrographie et points d'eau (fig. 3)

(voir J. DUBIEF, 1953, pp. 208-214)

Les Oueds et les Sebkhass.

Contrairement aux regs de l'Ouassat, du Yetti et surtout du Ghallaman, le Zemmour possède un véritable réseau hydrographique. La plupart des oueds importants viennent de l'Est, débutant en pays granitique, le long d'une ligne de partage des eaux orientée SSW-NNE dans le Nord, puis plus au Sud, SW-NE. Cette ligne sépare le réseau hydrographique du Zemmour noir, du réseau propre au Zemmour granitique, c'est-à-dire des Oueds Arouédil, Mogrein, Nouss, Tamreikat, Sfaïa, Lemkhader, etc. Les oueds coulant vers le Paléozoïque entraînent les déblais sédimentaires vers l'intérieur du bassin, ce qui explique que l'avant pays granitique ne soit pas recouvert par un glacié de débris gréseux, sauf dans le Sud où justement les oueds ont une disposition centrifuge (Oued Tanafodh, Oudeï Askaf, Oued Timellouza).

La zone étudiée comporte quatre bassins hydrographiques principaux :

a) *Le Bassin sud* dont les oueds se déversent dans des sebkhas situées plus au Sud, en pays granitique. Ce sont d'Est en Ouest :

- l'Oued Tanafodh;
- les Oudeï Askaf;
- l'Oued Timellouza.

b) *Le Bassin de la Sebkha Oudiate el Khyam*

Cette sebkha, dont la partie orientale s'appelle aussi Sebkha Oumat el Ham, s'étale entre le massif de l'Oumat el Ham et la chaîne de Dhlou à la latitude 25° 35'. Elle a une forme compliquée, car elle contourne de nombreux éperons rocheux. Les oueds convergent vers elle, venant de toutes les directions. En commençant par le Nord, et dans le sens des aiguilles d'une montre, on peut citer les oueds suivants :

- les Oudiate el Khyam (deux bras principaux);
- l'Oued Iouineght, qui est le plus important et provient de la région granitique de Motlani;
- l'Oued Boulehbar (qui se jette dans le précédent);
- l'Oued Boulehbeïra (qui se perd avant même d'aboutir à la sebkha);
- l'Oued Bir Oumat el Ham;
- l'Oued Ezrayeb;
- l'Oued Belfaa, comportant un bras oriental venant du Negal granitique, un bras méridional venant de l'Oumat Chaggag;
- l'Oued Aïdiate (qui alimente Bir Aïdiate);
- les deux Oued el Aakrich;
- les Oudiate Bouziane qui, au NW, viennent de la chaîne de Dhlou.

Tous ces oueds peuvent, en période de pluie, apporter une quantité d'eau très importante de la grande sebkha, qui, certaines années, peut conserver de l'eau pendant plusieurs mois.

c) *Le réseau de Dhlou*

Certains oueds traversent la chaîne de Dhlou et coulent vers l'Ouest. C'est le cas notamment de l'Oued Lemlouïa (ou Oued Ramle), de l'Oued Khneïg Zin Tamat et de l'Oued el Abd, qui se jettent tous vers l'Ouest dans le grand Oued Aouleïtis. L'Oued el Abd par exemple, permet, à la latitude d'Aïdiate, d'accéder facilement aux grands regs crétacés en direction du puits de Tirakline.

Dans la zone qui nous intéresse, il s'agit principalement de l'oued qui traverse la chaîne de Dhlou par la passe de Khang Ezrayeb.

d) *Le Bassin de l'Aïn Terguit*

L'Aïn Terguit est une grande vallée qui se dirige vers le NE et aboutit à la Seguia el Hamra. Ce réseau hydrographique appartient donc au grand bassin de la Seguia qui a accès à la mer. C'est vers ce collecteur que convergent les oueds suivants :

- | | |
|-------------------------|--|
| — les Oudeï Sekkoum | } qui se réunissent tous à Khang Lejouad
pour traverser la côte Asraoul-Tighirt |
| — l'Oued Leglaga | |
| — l'Oued el Fiadh | |
| — l'Oued Fiadh el Hech | |
| — l'Oued Bou Dreïga | } qui drainent l'Amgala |
| — l'Oued Amgli Lebgar | |
| — l'Oued Amgli el Harra | |
| — l'Oued Amgli Zguilma | |

Ce réseau est séparé du réseau intérieur aboutissant à des sebkhas par les massifs de Tighirt et de Gara Foug Gara. Ces reliefs constituent donc une ligne de partage des eaux répartissant l'eau des précipitations entre un réseau intérieur de sebkhas et un réseau classique accédant à la mer.

Ces oueds sont du type saharien, c'est-à-dire qu'ils ne coulent qu'exceptionnellement, en général quelques heures par an et rarement sur toute leur longueur. Toutefois, il n'est pas recommandé d'y camper au moment des pluies, car on risque de voir le campement emporté par l'eau.

Ce sont des oueds à fond généralement sablonneux et envahi par une végétation relativement dense. A l'approche des dépressions, ils peuvent devenir argileux. Le fond des sebkhas est de nature essentiellement argilo-gypseuse et salée. Dans les régions mal irriguées, près des lignes de partage des eaux en particulier, les zones argileuses donnent de petites dépressions à fond d'argile non salée (daïa). Ceci est surtout fréquent sur les argiles du Gotlandien. La plus grande de ces « daïas » est la Daïat el Aam située entre le bassin de Khang Ezrayeb et celui d'Amgli el Harra.

L'origine du gypse et du sel peut s'expliquer par le lessivage des argiles et des gypses, notamment des terrains gotlandiens. Il ne semble pas nécessaire de faire appel ici à certaines théories, telles que l'apport du sel par le vent marin (Th. MONOD, 1950), alors que les vents d'Ouest sont inexistant; ou telles que la teneur en sel de l'air (G. ROCCI, 1955, p. 40).

Comment peut s'expliquer ce drainage par un réseau fermé intérieur ? Certains oueds ont un cours assez encaissé et l'on observe un surcreusement considérable par rapport au Crétacé (200 m environ entre la Gara Foug Gara crétacée et l'Oued Iouineght), et relativement important (une vingtaine de mètres) par rapport à d'anciennes terrasses à matériel paléolithique et atérien, alors que les apports de matériaux vers les sebkhas devraient tendre à en surélever le niveau de base. Il semble difficile d'interpréter ce phénomène autrement que par des mouvements relatifs verticaux de certaines régions par rapport à d'autres : en particulier, la région de la grande sebkha de l'Oumat el Ham pourrait être en cours d'affaissement, ou l'avoir été dans une période récente.

Les points d'eau.

Les points d'eau de la région étudiée sont peu nombreux et surtout sont caractérisés par de très faibles débits. On y trouve des oglats (points d'eau intermittents, creusés au gré des besoins à des emplacements connus) et de petits puits (hassi) en principe permanents.

Les Oglats repérés sont les suivants :

- Aguelt Amgli Zguilma;
- Aguelt Nebka;
- Aguelt Amgli el Harra;
- Aguelt Amgli Lebgar;
- Aguelt Amgli Leghnam;
- Aguelt Leglaga;
- Aguelt el Fiadh;
- Aguelt Iouineght;
- Aguelt Oudiate el Khyam;
- Oglats à l'Ouest d'Aïdiate;
- Aguelt Douikat;
- Amouighirt Dhoueïet el Aakrich (salé);
- Aguelt Oudiate el Kebch;
- Aguelt Chamba

Généralement ces points d'eau sont alimentés par de petites nappes très localisées : l'oued se resserre au passage d'une couche dure, ce qui a pour effet de concentrer l'eau; puis il s'étale en une zone sableuse sur le fond argileux plus creusé qui retient l'eau. Celle-ci, qui peut affleurer un certain temps, stagne ensuite dans les alluvions où elle est exploitée temporairement. C'est en particulier le cas de l'Oued Iouineght qui se resserre au passage de la dalle siegenienne du même nom.

Les puits ne sont jamais profonds. Il n'existe pas de véritable « bir », atteignant 15 à 20 m, comme dans la zone granitique. Ce sont à vrai dire des puits semi-permanents de 4 à 7 m. Ils sont au nombre de trois :

- Hassi Tighirt (ou Aguelte Tighirt);
- Bir el Aïdiate;
- Bir Oumat el Ham.

Bir Oumat el Ham est creusé dans l'arène granitique de l'Oued Oumat el Ham qui fait apparaître une fenêtre précambrienne au milieu des grès cambriens.

Bir Aïdiate est en réalité du même type que les oglats précédemment indiqués, mais sa profondeur de 7 m lui a fait mériter le nom de puits. J'ai profité d'un séjour d'un mois à ce point d'eau pour y aménager un vrai puits empierré avec de grandes dalles de plus d'un mètre de longueur; jusqu'alors chaque nomade creusait son puits, qui s'écroulait dans l'année.

Tous ces points d'eau sont donc alimentés par des nappes alluviales très localisées. Le seul point d'eau difficile à expliquer de cette manière est celui de Tighirt.

On ne voit pas très clairement pourquoi l'eau apparaît en permanence sur le flanc ouest de la grande falaise gréseuse, à la ligne de partage des eaux entre le bassin de l'Aïn Terguit et celui de l'Oued Iouineght.

Ainsi donc, à part le puits de Tighirt, qui mériterait une étude plus approfondie, tous ces points d'eau sont locaux. On ne connaît pas de nappe généralisée. Aucune source non plus n'indique l'exutoire d'une telle nappe.

	Bir Aïdiate		Aguelte Tighirt		Aguelte Iouineght	
	mg/l	milli- équiv.	mg/l	milli- équiv.	mg/l	milli- équiv.
Cl ⁻	341	9.62	351	9.90	194	5.46
SO ₄ ⁻⁻	232	4.83	141	2.94	161	3.35
CO ₃ H ⁻⁻	520	8.52	263	4.31	359	5.89
		22.97		17.15		14.70
Ca ⁺⁺	134	6.69	125	6.23	53	2.64
Mg ⁺⁺	42	3.52	18	1.51	12	1.00
Na ⁺	293	12.76	216	9.41	254	11.06
	1 562	22.97	1 114	17.15	1 033	14.70
Extrait 110°	1 360		982		834	

TABLEAU n° 2

Ces points d'eau ont des débits très faibles; le seul sur lequel on puisse compter est le puits de Tighirt. Mais il n'existe pas de gros point d'eau qui puisse suffire à alimenter des troupeaux de chameaux. Par contre, la plupart de ces puits contiennent de l'eau douce, en particulier Amgli el Harra. A Tighirt, les bouches nord sont plus douces que les bouches sud qui ne sont pourtant qu'à 40 m de distance. Le tableau n° 2 donne l'analyse de trois points d'eau (analyste M^{me} J. CLERGUE, 1952).

6° La végétation

Pour l'Européen qui descend d'avion à Fort Trinquet, le Zemmour semble entièrement désertique; mais tout est relatif, et pour le méhariste qui arrive des grands regs du Yetti et surtout du Ghallaman, le Zemmour apparaît comme un paradis de verdure. Par la falaise du Hank, la flore à dominante soudanaise de l'Adrar Tmar remonte jusqu'à Chegga où elle subsiste en petits îlots avec quelques palmiers devenus sauvages. Les grands regs de la dorsale cristalline ont une flore essentiellement saharienne, ainsi que les dunes de l'Iguidi et de l'Erg Chech. Il faut arriver au Zemmour blanc pour observer, mélangées à cette flore, les premières espèces de la zone méditerranéenne. L'abondance des oueds et des reliefs facilite ces incursions des flores du Nord. Enfin, lorsqu'on traverse la falaise primaire puis les crêtes successives, on voit rapidement apparaître de nouvelles espèces.

Cette région n'a pas encore fait l'objet d'études précises. J'ai collecté pratiquement toutes les plantes de ce secteur dont le nombre atteint environ 300 espèces. Ch. SAUVAGE (1947) a présenté une étude qui concerne le Zemmour granitique. Sur les 150 espèces qu'il a eu l'occasion de relever, il distingue :

- 9 plurirégionales;
- 11 méditerranéennes;
- 79 sahara-sindiennes;
- 1 soudano-deccanienne;
- 14 endémiques du Sahara occidental.

C'est donc une flore essentiellement saharienne, atténuée par un petit contingent de plantes méditerranéennes. Dans le Zemmour primaire (zone française), ce contingent augmente nettement à mesure qu'on avance vers le NW; le nombre de plantes endémiques augmente également. Il faudrait toutefois aller encore plus vers l'Ouest pour rencontrer la variété de la flore de la Guelta du Zemmour (M. MURAT, 1944, pp. 24-25). On peut donc distinguer :

a) La zone des guelbs granitiques où apparaît, seulement dans les rochers, *Periploca laevigata* (el helab) et sur les regs *Haloxylon scoparium* (remth);

b) La zone des premières falaises primaires, cambro-ordoviciennes, à végétation peu différente, mais plus fournie;

c) La zone de Tighirt où l'on trouve une flore particulière comportant des espèces que je ne connais pas ailleurs dans la région; en particulier :

- *Nolletia chrysocomoides* (DESF.) CASS.
- *Blepharis linariaefolia* PERS.
- et une troisième plante, el hameïra, encore indéterminée.

d) Enfin, la zone de l'Amgala, où apparaissent des espèces méditerranéennes, communes dans la Séguia el Hamra. Il s'agit par exemple des *Tamarix aphylla*, seuls tamarix possédant de véritables troncs qui soient connus dans la région (Amgli el Harra); de deux Euphorbes, *Euphorbia echinus* bien connue dans le Sud-marocain et *E. balsamifera*, var. *rogeri* (ifernane) de la Seguia el Hamra, et d'une petite plante qui affectionne les rocaïlles : *Limonium* sp. cf. *chazaliei* (BOISSIEU) MAIRE.

Indépendamment de ces zones, il existe deux flores bien distinctes :

a) Une flore pérenne constituée surtout d'arbustes, d'arbrisseaux et de buissons; cette flore ligneuse peut subsister plusieurs années sans recevoir aucune pluie; elle est surtout cantonnée dans les fonds d'oueds et dans les rocaïlles. Elle comporte en particulier les arbres et arbustes suivants :

- le talha *Acacia raddiana*;
- le tamat *Acacia seyal* (beaucoup plus rare);
- l'atil *Maerua crassifolia*;
- l'elab *Periploca laevigata*;

et des buissons :

- le sekkoum *Asparagus altissimus* var. *asperulus*;
- le jderi *Rhus tripartitum*;
- le guerzim *Nitraria retusa*;
- le ghardeg *Lycium intricatum*;
- l'askaf *Nucularia perrini*.

Par contre, la région ne possède aucun palmier, les premiers n'apparaissent sur la falaise qu'à Aouinet bel Legraa beaucoup plus à l'Est, et à Smara plus au Nord.

b) Une flore annuelle, que les Regueibat appellent l' « aheb » ou « robéa ». Cette flore apparaît, après des pluies suffisantes, avec une extraordinaire rapidité. Elle est variée, comporte en particulier beaucoup de Papilionacées, de Crucifères et de Graminées. Beaucoup d'entre elles sont rampantes et ont une disposition rayonnante.

Les espèces qui poussent dans les rocailles sont différentes de celles qui poussent dans les regs et les oueds. Ces plantes constituent un bon pâturage à moutons en hiver ou au printemps. Mais dans le Zemmour primaire on ne rencontre pas les grandes étendues de regs à hachich du Yetti (*Aristida plumosa*), véritables prairies de Graminées constituant certaines années des pâturages d'été excellents pour les chameaux.

Enfin il existe plusieurs biotopes, auxquels sont étroitement liées des associations floristiques particulières :

— la flore des guelbs et des falaises : beaucoup d'espèces sont uniquement cantonnées dans les rochers où elles trouvent un meilleur abri;

— la flore des oueds et des ravins : les oueds forment des galeries où poussent les plantes nécessitant une certaine quantité d'eau; ces oueds sont soulignés par des lignes d'acacias et de gros buissons; c'est là, dans les guelbs, que l'acheb présente la plus grande variété de plantes;

— la flore des regs : les plantes pérennes y sont peu fréquentes, car l'eau est trop rare. La flore d'acheb comprend surtout des Graminées;

— la flore des dépressions argileuses (grara); en saison sèche ces terrains sont dénués de toute végétation. Par contre, après des pluies, apparaissent des plantes surtout rampantes ou rayonnantes telles que la rose de Jéricho (el kemche), *Anastatica hierochuntica*, le jirjir (*Sohouwia purpurea*), et le tezze (*Aizoon canariense*).

— la flore des dépressions salées : les sebkhas ne comportent en général aucune végétation, à part d'énormes touffes (jusqu'à 6 m de hauteur) de *Tamarix*; mais en bordure, dans les zones un peu moins salées, on trouve une flore spéciale, surtout riche en plantes grasses, soit annuelles comme l'afzou (*Mesembryanthemum theurkauffii*), soit plus rarement pérennes, telles que *Anabasis oropetiorum* (el ajram), *Suaeda monodiana* (soueid) et d'autres Chénopodiacées.

Par contre la flore de dunes, caractérisée par le sbot (*Aristida pungens*) (si utile pour la vannerie), et le hadh (*Cornulaca monacantha*) (pâturages de dunes), etc., est totalement absente.

D'une manière générale, cette flore, relativement variée, parfois difficile d'accès, est plus propice aux pâturages de moutons et de chèvres que de chameaux.

Bibliographie.

On consultera notamment les ouvrages suivants :

A. S. GUBB (1913); Th. MONOD (1939, 1925b); V. MONTEIL et Ch. SAUVAGE (1949); V. MONTEIL (1953); M. MURAT (1944); Ch. SAUVAGE (1946, 1949); J. SOUGY (1955b).

7° La faune

Les faunes du Zemmour paléozoïque et du Zemmour granitique semblent à peu près identiques. Toutes deux sont plus riches en espèces que celles des grands regs du Ghallaman et du Yetti.

La faune du Zemmour noir comporte des :

— Rongeurs.

Une forme de lièvre très petite, à oreilles démesurées, et toute une liste de petits rongeurs à pelage jaune, à vie surtout nocturne : la Gerbille (*Meriones crassus*) plus petite et plus fréquente que la vraie Gerboise (*Jaculus jaculus*), et des rats et souris.

— Ongulés.

Ils constituent l' « ouahch » (gibier) des chasseurs maures :

— la Gazelle dorcas (*Gazella dorcas*) est la plus commune, ici comme dans les regs du Yetti et du Ghallaman;

— la Biche Robert (*Gazella dama*) ou Gazelle Mohr est plus rare qu'entre Fort Trinquet et Aïn Ben Tili où elle affectionne les regs à Acacia;

— le Mouflon à manchettes (*Ammotragus lervia*) est au contraire réfugié dans les massifs les plus montagneux dont il ne descend guère que la nuit pour paître dans les oueds les plus proches. On le rencontre dans la chaîne de Dhlou, dans les Oumat et le massif de Gara Foug Gara.

Par contre Oryx et Adax n'existent pas dans ces régions.

— *Carnivores.*

Le Guépard (*Acinonyx jubatus*) est le seul fauve du Zemmour. Il vit dans les anfractuosités des rochers, et ses longues pattes sont bien adaptées à la course; la Hyène rayée (*Hyaena hyaena*) a le même habitat. J'ai rencontré une seule fois la Genette, chat sauvage à très longue queue marquée de 8 anneaux noirs, à l'Ouest de Douik el Akhdhar.

Le Chacal qui vit en terrier ou dans les rochers est le carnivore le plus courant. On voit aussi quelquefois un adorable petit renard à longues oreilles, le Fennec (*Fennecus zerda*).

— *Insectivores.*

Ce groupe n'est représenté que par une espèce de Hérisson (*Erinaceus deserti*), le ganfoud des Maures, sujet de nombreuses fables.

— *Sauriens.*

Ils sont représentés par de nombreux lézards :

— les geckos ou tarentes (talegleg) à ventouses sur les doigts;

— le dhob (*Uromastix acanthinurus*) fréquent, mais ne présentant tout de même pas l'extraordinaire abondance qu'il a dans la zone granitique. Les Regueibat, au mépris des autres Maures, mangent sa queue;

— le varan (*Varanus griseus*) ou fouette-queue.

— *Ophidiens.* Ils comportent diverses couleuvres, une espèce de naja et surtout la redoutable Vipère à cornes (*Cerastes cerastes*).

— *Oiseaux.* Ce sont sans doute les plus nombreux, tant par le nombre d'espèces que d'individus. En dehors d'éléments migrateurs de passage, comme la Cigogne, la Tourterelle, de nombreux oiseaux vivent dans cette région.

L'Autruche est assez rare, l'Outarde houbara (*Chlamydotis undulata*) plus fréquente, mais l'oiseau le plus caractéristique est la Perdrix rouge (*Alectoris barbara*) qui vit en bandes d'une douzaine d'individus, dans les oueds où la végétation est la plus touffue, et qui constitue un excellent gibier. Espèce marocaine, elle ne dépasse pas au Sud et à l'Est, la limite des guebbs et falaises du Zemmour.

Les Congas (gargas) ou Perdrix des sables (*Pterocles coronatus*) vivent en grands rassemblements pouvant atteindre plusieurs milliers d'individus, qui se déplacent d'un seul vol le matin, vers des points d'eau souvent fort éloignés. On peut encore citer entre autres les charognards, vautours, aigles, faucons, ducs; le sirli, la huppe, la bergeronnette et l'habituel corbeau, toujours à l'affût des restes de chasse.

Beaucoup de ces animaux ont une vie plus active la nuit que le jour. L'impression de désert complet qu'a le voyageur est vite démentie le matin par l'abondance des traces. La couleur beige de la plupart des pelages et plumages accentue encore la discrétion de ces animaux.

Cette faune est de nature typiquement saharienne, mais elle comporte quelques éléments sud-marocains, en particulier la Perdrix rouge. D'après les représentations rupestres de la région, il semble bien qu'à la période néolithique, les espèces soudanaises étaient prédominantes : éléphant, girafe, rhinocéros, antilope, crocodile, buffle. Elles n'auraient disparu que récemment.

A ces animaux sauvages, il faut ajouter les trois animaux domestiques des Maures : le chien, l'âne et le dromadaire. Le cheval, utilisé par les guerriers regueibat, à la fin du XIX^e siècle, a maintenant totalement disparu.

Bibliographie : Au sujet de la faune, on pourra consulter V. MONTEIL (1951).

B. — GÉOGRAPHIE HUMAINE

1° Les populations

Dans la région étudiée, on ne rencontre aucune population sédentaire ou même semi-nomade. Le Zemmour noir fait partie de la zone de parcours des Regueibat. Pour comprendre les allées et venues de ces nomades, il est nécessaire de voir le problème d'un point de vue historique et géographique qui dépasse le cadre du seul Zemmour.

Le Sahara occidental est riche en vestiges paléolithiques, mais les outillages atériens et surtout

néolithiques y présentent une richesse extraordinaire. La concentration des outillages autour d'anciens lacs, dans des dépressions, sur d'anciennes dunes, au bas des massifs montagneux, témoigne d'une vie sédentaire, notamment à la période néolithique. Dans le Zemmour, les flèches ont une forme losangique particulière, et sont faites en quartzite crétacé local. Les flèches de l'Iguidi sont d'une facture et d'une matière différentes. Tout ceci confirme bien l'existence, à cette période, d'une population sédentaire.

Avant l'apparition de l'Islam (681 ?) au Sahara occidental, le pays était occupé par des Berbères. Les nombreuses tombes pré-islamiques avec cheminée centrale et couloir d'entrée en sont le témoignage.

Les Regueïbat n'occupent que depuis fort peu de temps leur immense territoire de nomadisation. Ils se prétendent « chorfa », c'est-à-dire descendants directs du Prophète. Ils sont issus du « Regueïbi », Sid Ahmed Regueïbi, saint vivant à la fin du ^{xv}^e siècle dans la région du Bas Dra (Chebika). Cet ancêtre s'unit par mariage à la tribu berbère des Sellam et acheta à prix d'or un immense territoire. A sa mort, il partagea ses biens entre ses fils. De ce partage, sont issues les deux confédérations, vivant en bons termes, des Regueïbat :

- à l'Ouest et au Sud : les Regueïbat Sahel (1),
- à l'Est : les Regueïbat Lgouacem (2).

Jusqu'en 1907, les Lgouacem ont un territoire de nomadisation qui ne dépasse guère le Zemmour et la Seguia el Hamra. Ils ne sont encore que de semi-nomades. De 1890 à 1907, par une succession de combats, ils deviennent les maîtres des autres tribus du Sahara occidental. Du « Foucht » (1907) date, avec l'écrasement des dernières tribus, leur hégémonie incontestée. Ensuite, de 1907 à 1934, ils organisent de grands ghezzous et luttent contre les Français établis au Nord et au Sud, et contre les tribus qui se sont ralliées (Ouled Gheïlan). Leur vocation exclusivement pastorale ne date donc vraiment que de la pacification, en 1934. La paix et la recherche de pâturage pour les troupeaux qui s'accroissent, les font s'éloigner de plus en plus de leurs bastions de la Séguia et du Zemmour. D'années en années, ils découvrent de plus en plus vers l'Est, un pays dont ils ne connaissaient jusqu'alors que les grandes lignes.

Ainsi les Regueïbat ne sont devenus de très grands nomades que depuis l'arrivée des Français, alors que les Touaregs, par exemple, ont eu plutôt tendance à se sédentariser. Il n'est pas rare d'une fois à l'autre, de les rencontrer à 1 000 km de distance, suivant les caprices de la pluie ou de quelques chameaux égarés. Toutefois, certaines règles président à leurs parcours. Sur la carte de la fig. 4, sont indiqués les axes de parcours approximatifs des principales fractions (ahel).

a) *Nomadisation des Regueïbat Lgouacem* (CAUNEILLE, 1946, 1950)

La nomadisation s'étendait autrefois à la région comprise entre le Bani, la Basse Séguia, le Zemmour et Fersaya. Elle atteint maintenant la mer, l'Adrar Souttouf, l'Adrar Tmar jusqu'à Atar, Chinguetti, Ouadane; l'Erg Chech jusqu'à Taoudenni; à l'Est, Grizim, Bou Bernous, Tabelbala; au Nord, l'Oued Dra et le Bani.

Mais chaque groupe a ses parcours préférés, la fraction la plus « méprisable » (Foqra) est la plus à l'Est; les fractions nobles sont plutôt à l'Ouest.

— *Les Foqra* nomadisent sur la Hamada de Tindouf, dans le Yetti, le Kaghet et les Eglab; l'été, ils se retranchent dans les dunes de l'Iguidi ou de l'Erg Chech. Après au gain, ils vivent à part, un peu méprisés des autres.

— *Les Ahcène ould Ahamad* se déplacent surtout sur l'axe Zini, Haute Séguia, Aïn Ben Tili, Imourène.

— *Les Hameïdenat* (clients des Sellam) sont souvent entre les deux ahels précédentes.

— *Les Belquacem ould Brahim* (guerriers) et les *Sellalka* (pauvres) s'installent plutôt plus à l'Ouest, dans le Zemmour oriental et la Haute Séguia.

(1) De l'arabe : *sahel* = Ouest.

(2) De l'arabe : *gsem* = partager.

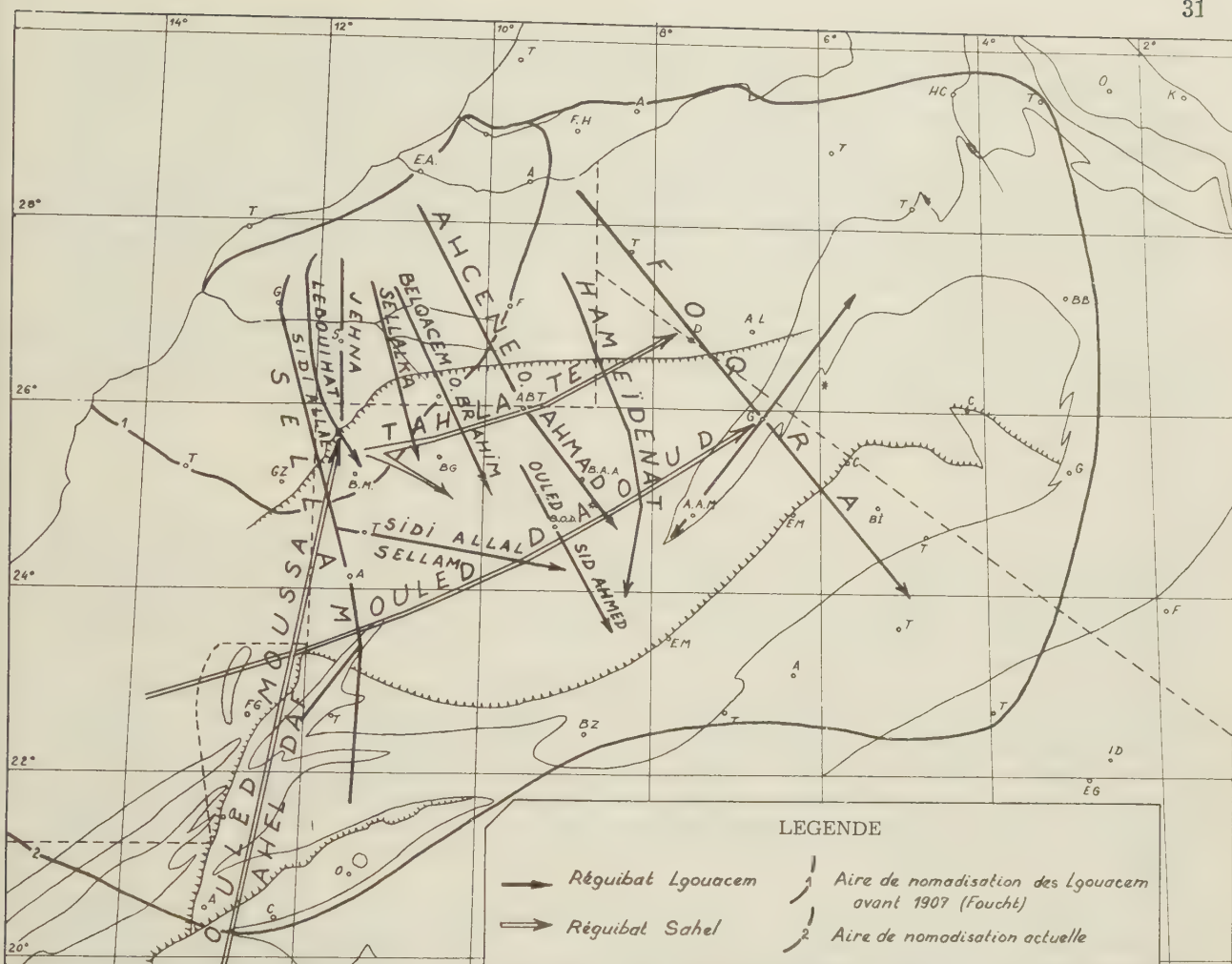


FIGURE 4. — Axes de nomadisation approximatifs des Réguibat

— Les *Sellam* et les *Sidi Allal*, ahel nobles et riches, nomadisent plus à l'Ouest, du Zemmour aux Sfariat, mais souvent une partie de leurs tentes s'éloignent vers l'Est où elles retrouvent celles de leurs clients, les *Ouled Sidi Ahmed* et les *Hameïdenat*.

— Les *Lebouihat* (ahel religieuse), les *Jenha* (pauvres) et les *Aayacha* (clients de Lgouacem) ne dépassent guère vers le Sud le Zemmour.

Dans le Zemmour noir, on trouvera donc surtout les moutonniers des Lgouacem, c'est-à-dire les *Lebouihat*, les *Jenha* et les *Aayacha*.

b) Nomadisation des Regueibat Sahel (P. BORRICAND, 1948)

On distingue également plusieurs fractions importantes à aires de nomadisation différentes :

— Les *Tahlate*, surtout chameliers, circulent beaucoup entre le Zemmour, le Yetti et la Hamada de Tindouf. Certains d'entre eux sont propriétaires de troupeaux de plusieurs milliers de chameaux, troupeaux qui pourtant, au moment de la conquête, avaient été entièrement décimés.

— *Les Ouled Daoud* sont les plus grands nomades des Regueibat Sahel. Ils évoluent dans les régions les plus inaccessibles, entre Fdèrik (Fort Gouraud) et l'Iguidi, notamment dans le Ghallaman. Mais les années de forte sécheresse, on peut les rencontrer également dans le Zemmour et la Séguia.

— *Les Ouled Moussa*, les *Souad* (ceux qui ne sont pas réfugiés en zone espagnole), et les *Ahel Daf* ont au contraire une nomadisation sud-nord suivant l'axe Tagant-Adrar-Fdèrik-Zemmour. Pour eux au contraire, le Zemmour est un point extrême. Ils sont dans le Sud au moment de la saison des pluies (été) et remontent au Nord en hiver, sans forcément atteindre le Zemmour, étant plus attachés à la région de l'Adrar.

Le Zemmour, à l'époque des Ghezzous était un bastion où les Regueibat venaient se retrancher entre leurs expéditions. Les montures y refaisaient leur bosse. C'est maintenant la zone de pâturage des moutonniers. Les chameliers laissent leurs propres moutons sous forme de menaya, sorte de prêt-assistance, à des clients plus pauvres. Les grands troupeaux de chameaux ne pourraient pas trouver dans le Zemmour noir de points d'eau à gros débit et suffisamment salés.

2° *L'organisation pastorale*

L'organisation très complexe des Regueibat en ahel, clients de la tribu, clients des ahel, confréries religieuses, clans politiques, etc., n'apparaît pas sur le terrain, où l'unité de concentration est le *frig* (campement) composé de quelques tentes. En période humide, l'effritement de la tribu est maximum, en période de chaleur ou de sécheresse, les tentes se rapprochent des puits et la concentration des campements augmente.

Les troupeaux de moutons doivent boire au minimum tous les quatre jours et ne peuvent guère s'écarter des puits; de plus, l'eau de ces puits doit être assez douce. Les chameaux (en réalité des dromadaires) peuvent rester en hiver quatre mois sans boire s'ils ont un bon pâturage d'askaf et d'acheb. A partir d'avril, les troupeaux se rapprochent à une cinquantaine de kilomètres autour de gros points d'eau salée (Bir Ouled Daoud par exemple). Ils doivent en effet boire à partir de cette date à des périodes de plus en plus rapprochées (tous les 3 jours en pleine chaleur). C'est pourquoi en avril, les hommes doivent souvent se mettre au travail fébrilement pour déboucher les puits comblés par le sable.

En hiver, le gros du troupeau peut être très éloigné du campement (100 km), mais les chamelles laitières restent toujours à proximité. On peut dire que toute la vie du nomade est axée sur le chameau. Le lait est la nourriture de base, la viande un appoint de luxe, dans les grandes occasions ou au moment des travaux intensifs (forage d'un puits). Les cordes sont faites en poil ou en peau de chameau; les seaux (délous) sont en peau de chameau, ainsi que de nombreux ustensiles. Le mâle castré est utilisé comme monture et comme animal de bât. C'est le chameau qui impose le rythme de la nomadisation. C'est lui encore qui sert de monnaie étalon (une femme vaut 40 chameaux !) et tous les achats au Maroc (sucre, thé, tapis) se font grâce à la vente de quelques bêtes aux bouchers marocains. Quant aux crottes, elles servent de jouets aux enfants !

Jusqu'à l'arrivée des chaleurs d'avril, la vie du Regueibi est facile, elle comporte des loisirs passés à rendre visite aux campements « voisins », à courir aux nouvelles, à évoquer les souvenirs des années héroïques ou même à rêver. Mais à la période des chaleurs, le travail est rude, les moutons devant boire tous les jours, et les chameaux absorbant soixante litres d'eau à chaque abreuvoir. Quand les tornades arrivent, on guette les éclairs, on part en reconnaissance pour repérer les futurs pâturages et y arriver les premiers.

Cette vie, image des temps bibliques, est très attachante, car elle est pure de toute contamination. Le Regueibi est resté jusqu'ici indifférent à ce qui, dans la civilisation européenne, attire généralement l'indigène : le tabac, l'alcool, les lunettes de soleil et le bidon d'huile. Les techniciens qui envahissent actuellement le Sahara ne se rendent malheureusement pas compte de la noblesse de ces hommes. Puisse la dorsale regueibat se révéler encore longtemps dépourvue de richesses minières, afin que ce mode de vie puisse subsister comme un havre de sagesse au milieu de notre civilisation trépidante, qui tend à tout uniformiser.

3° Les courants commerciaux

La fig. 5 montre bien comment l'Adrar mauritanien (Adrar Tmar) et le Zemmour tendent l'un vers l'autre leurs éperons, faisant de cette traversée la plus courte de tout le Sahara du Nord au Sud : 550 km en ligne droite d'Atar à Bir Mogrein (Fort Trinquet). Aussi cette voie (le Trig Lemtouni) est-elle utilisée depuis fort longtemps. C'est peut-être l'existence de cette voie de communication qui explique l'abondance au Zemmour des représentations de chars à bœufs parmi les peintures et gravures rupestres néolithiques. La voie classique du Trig Lemtouni passe par Atar, Char, Fdèrik (Fort Gouraud) ou el Aouj (salines d'Idjill), Anajim, Tourassine, Bir Mogrein (ou Agmar), Tfaret, el Fersaya, Assa.

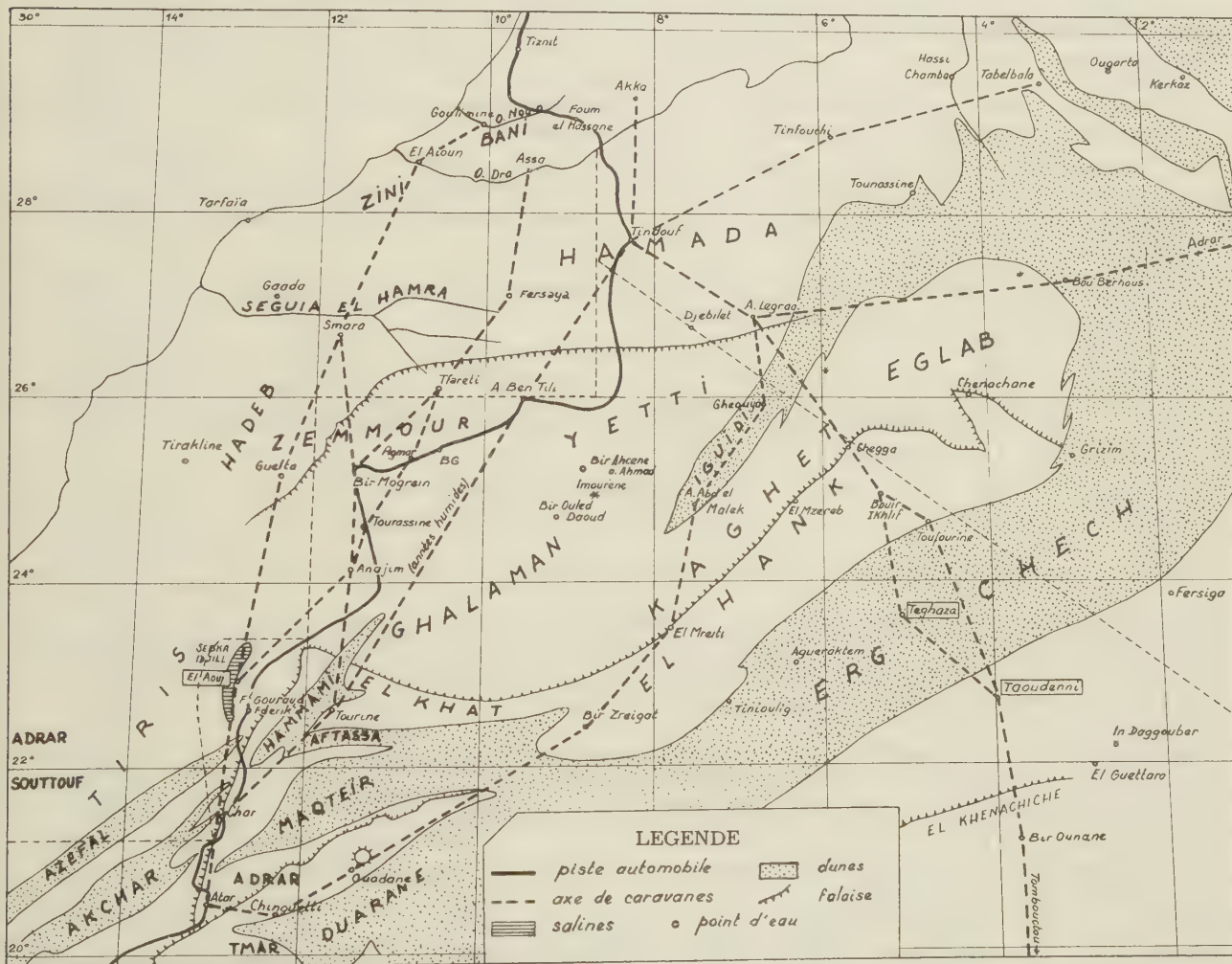


FIGURE 5. — Voies de communications du Sahara occidental

Mais elle comporte des variantes. En année humide, on peut joindre directement, à travers le Ghallaman, Tourine à Tindouf par Aïn Ben Tili. Les variantes qui intéressent la région étudiée passent par la Guelta - Smara et Bir Mogrein - Smara.

Alors que la voie commerciale de l'or du Soudan au Maroc par les salines de Taoudenni et

de Teghaza, par Chegga et Aouinet Bel Legraa, est presque complètement abandonnée (1) (voir fig. 5), ruinée par les transports maritimes et aériens, la voie occidentale, plus facile, est encore fréquemment utilisée surtout pour conduire au « moussem » (foire) de Goulimine des chameaux achetés par les Marocains pour le transport et surtout pour la boucherie.

En mai 1955, j'ai eu l'occasion à Bir Aïdiat de sauver la vie à deux commerçants d'Akjoujt égarés qui n'avaient pas bu depuis 5 jours et avaient sacrifié un chameau. Leurs bêtes, qu'ils avaient abandonnées, s'étaient dirigées vers le puits de Tirakline au Sahara espagnol, aux environs duquel j'ai pu retrouver une cinquantaine de bêtes faméliques. Pour augmenter leurs gains, ces deux Maures n'avaient pas voulu prendre de guide et s'étaient égarés entre el Aouj et la Guelta.

Depuis 1934, le transport par caravane a été fortement concurrencé par l'ouverture de la piste impériale n° 1, Dakar-Agadir par Atar, Fort Gouraud, Fort Trinquet, Aïn Ben Tili, Tindouf, Foum el Hassane. Cette piste était sillonnée par des camions diesel de 10 à 20 tonnes qui descendaient à Atar du sucre, du thé et de la farine, profitant de la franchise de douane et des cours avantageux du Maroc. Le trafic a baissé en 1954 avec la création d'une douane à Atar, puis a cessé totalement en 1956 à la suite des événements politiques et militaires du Sud-marocain. Cette piste était également fréquentée par quelques touristes autorisés à voyager en convoi.

Du point de vue aérien, Fort Trinquet est relié à Fort Gouraud, Aïn Ben Tili, Tindouf, Atar, Agadir par des lignes régulières civiles ou par des avions militaires. De plus, Fort Trinquet est un centre de signalisation très important (radio-gonio-météo-radiosondage) pour les lignes long-courrier Paris-Dakar.

Bibliographie : On pourra consulter les ouvrages suivants : P. BORRICAND (1948), R. CAPOT-REY (1953), Capitaine CAUNEILLE (1946, 1950).

C. — GLOSSAIRE DES PRINCIPAUX TERMES ARABES UTILISÉS

Termes géographiques

1° Relief

<i>Alous</i>	Crête rocheuse allongée aux formes douces.
<i>Adham (Aḍam)</i>	Plateau, séparant généralement deux vallées d'oued (ligne de partage des eaux); contrairement aux dépressions, l'horizon est lointain; (sens originel : os).
<i>Bled</i>	Lieu, endroit, emplacement. Pays.
pl. <i>Blad</i>	
<i>Dhalaat (Ḍala)</i>	Colline allongée et très caillouteuse (sens originel : côte).
pl. <i>Dhlou</i>	
<i>Dhar (Dhar)</i>	Grand plateau tabulaire; (sens originel : dos).
pl. <i>Dhour</i>	
<i>Foum (Foumm)</i>	Entrée d'une gorge (également bouche d'un puits, embouchure d'un oued); (sens originel : bouche).
pl. <i>Afouam</i>	
<i>Gaada</i>	Plateau, plateforme, colline, monticule, tertre.
<i>Gara</i>	Butte-témoin à sommet tabulaire, généralement en avant d'une falaise sédimentaire (<i>garat</i> est le pluriel de paucité).
pl. <i>Gour</i>	
<i>Gouera</i>	Diminutif de <i>gara</i> .
pl. <i>Gouerat</i>	
<i>Garfa</i>	Gros rocher; s'emploie souvent pour un rocher isolé dans une plaine.
pl. <i>Graf</i>	

(1) En 1954, j'ai rencontré dans le Kaghet un Tahlate qui remontait du Soudan un troupeau de moutons de plus d'un millier de têtes pour les vendre au Maroc. C'est là un exploit peu commun.

<i>Guelb</i> pl. <i>Glab</i>	Piton rocheux, généralement cristallin (s'oppose à la <i>gara</i>); (sens originel : cœur).
<i>Gleïb</i> pl. <i>Gleïbat</i>	Diminutif de <i>guelb</i> .
<i>Garn (Guern)</i> pl. <i>Groun</i>	Petit piton du sommet d'un relief; (sens originel : corne).
<i>Hajra</i> pl. <i>Hjar</i>	Pierre (pluriel de paucité : <i>hajrat</i>).
<i>Hamada</i>	Grand plateau rocailleux, très désertique, interminable à traverser à chameau; (sens originel : « la digne de louange », de <i>hamid</i> = louange).
<i>Irikime</i> pl. <i>Arouakim</i>	Amas de rochers disséminés dans une plaine, ne formant pas un <i>guelb</i> . Petite crête rocheuse se détachant sur l'horizon. Terme surtout utilisé en pays cristallin.
<i>Jbel</i> pl. <i>Jbal</i>	Montagne importante.
<i>Jbeïl</i> pl. <i>Jbeïlat</i> (<i>Djebilet</i>)	Petite montagne (diminutif de <i>Jbel</i>).
<i>Kédia</i> pl. <i>Kédiat</i> ou <i>Kda</i>	Montagne, grande colline (moins important que <i>Jbel</i>).
<i>Kerba</i> coll. <i>Kreb</i> pl. <i>Kerban</i>	Petite falaise allongée, provenant généralement de l'affleurement d'une couche sédimentaire à léger pendage.
<i>Khatt (Khatt)</i> pl. <i>Khtout</i>	Grande dépression rectiligne, correspondant souvent à un accident tectonique de grande importance; (sens originel : trait).
<i>Khneg (Khang)</i> pl. <i>Khnoug</i>	Passe, défilé, gorge à travers une montagne ou une falaise, étranglement (de l'arabe : <i>khnaq</i> = étrangler).
<i>Medna</i> pl. <i>Mdenat</i>	Petite butte à profil arrondi (par opposition à la <i>gouera</i>), souvent blanche (en zone cristalline souvent due à un filon de quartz laiteux).
<i>Megsem</i> pl. <i>Mgassem</i>	Col, passage (souvent moins étranglé que le <i>khneg</i>); (de l'arabe <i>gsem</i> = partager).
<i>Nebka</i> pl. <i>Nbak</i>	Dune isolée, généralement de petite dimension, appuyée contre un obstacle.
<i>Regg (ragg)</i> pl. <i>rgoug</i>	Terme difficile à traduire par un seul mot. Francisé sous la forme <i>reg</i> ou <i>rag</i> . Correspond à de grandes étendues parfaitement unies, dont la nature peut varier, mais toujours recouvertes d'une fine couche de petits cailloux ou de fins graviers. Seule l'habitude peut permettre de deviner si sous cette couche le sol est dur ou mou.
<i>Richa</i> coll. <i>Rich</i> pl. <i>Richat</i>	Crête rocheuse allongée et généralement étroite. Correspond souvent à des couches sédimentaires ou métamorphiques très redressées (par opposition à <i>Kerba</i>); (sens originel : plume).
<i>Trab</i>	Terre, terrain. Pays.
<i>Tarf (Tarf)</i>	Avancée d'une falaise; (sens originel : bout, extrémité).

2° Hydrographie — Points d'eau

<i>Achguig</i> pl. <i>Ichiggen</i>	Petit trou dans les rochers, souvent rempli de sable, où s'accumule l'eau de pluie temporairement. (de l'arabe : <i>chegg</i> = fendre).
<i>Amaragh (Amarag)</i>	Point d'eau de faible profondeur, très fortement salé, très souvent à l'embouchure d'un oued dans une <i>sebkha</i> .
<i>Archane</i> pl. <i>Archioune</i>	Trou ensablé pouvant contenir de l'eau (puits naturel peu profond).

<i>Aïn</i> pl. <i>Aïoun</i>	Sens originel : œil. Source. Couloir entre deux dunes allongées. Vallée entre deux <i>kerb</i> ou deux <i>dala</i> .
<i>Bir</i> pl. <i>Biar</i>	Puits important, assez profond (au moins 10 m), muré ou boisé, tout au moins au sommet.
<i>Bouer</i> pl. <i>Bouérat</i>	Diminutif de <i>Bir</i> .
<i>Foum</i> pl. <i>Afouam</i>	<i>Foum el bir</i> : bouche du puits. <i>Foum el oued</i> : embouchure de l'oued.
<i>Grara</i> pl. <i>Grair</i>	Dépression, généralement plate, argileuse; zone d'épandage argileuse d'un oued. La <i>grara</i> est souvent cultivable (orge, mil).
<i>Guelta</i> pl. <i>Glât</i>	Bassin, citerne, petit lac de montagne où s'accumulent les eaux de ruissellement.
<i>Hassi</i> pl. <i>Hassian</i>	Puits dans le sens général du terme. Puits d'importance moyenne, de profondeur et débit inférieurs au <i>bir</i> , de profondeur supérieure à l' <i>ogla</i> (5 à 12 m environ).
<i>Ma</i> pl. <i>Emyah</i>	Eau. Peut prendre aussi le sens de point d'eau dans l'acception la plus large.
<i>Mahbes</i>	Dépression où aboutissent des oueds, moins salée généralement qu'une <i>sebkha</i> ; (sens originel : bassin).
<i>Meghder</i> pl. <i>Mghader</i>	Mare non persistante dans un oued, parfois dans une zone étranglée de l'oued, où celui-ci devient dangereux à traverser quand il coule (de l'arabe : <i>ghder</i> = trahir).
<i>Ogla</i> pl. <i>Ogol</i>	Points d'eau peu profonds, généralement moins de 4 ou 5 m; souvent ne sont pas persistants, mais ceci n'est pas obligatoire. Pluriel de paucité : <i>oglat</i> ; (de l'arabe <i>glâ</i> = ôter).
<i>Agueïla</i> pl. <i>Agueïlat</i>	Diminutif de <i>Ogla</i> . (ou <i>aguilt</i> , <i>aguelt</i>).
<i>Oued (Wâd)</i> pl. <i>Ouidane</i> <i>Oudiane</i>	Rivière, oued. Pour les Regueïbat, le mot oued évoque souvent l'idée de la vallée entière, du bassin versant, plutôt que le lit lui-même du cours d'eau.
<i>Oudeï</i> pl. <i>Oudeiat</i> <i>Oudeyyat</i>	Diminutif de <i>oued</i> .
<i>Ras(s)</i> pl. <i>rous(s)</i>	<i>Rass el oued</i> : tête de l'oued, source de l'oued; (sens originel : tête).
<i>Sagua</i> pl. <i>Souagui</i>	Rivière; canal d'irrigation. (de l'arabe <i>sguè</i> : irriguer, arroser).
<i>Sebkha</i> pl. <i>Sbakh</i>	Dépression fermée, grande mare ou lac, caractérisés par des dépôts argilo-salés.

3° Routes — Pistes

<i>Chanté</i>	Piste automobile; (vient du mot français chantier, déformé).
<i>Mejbed</i> pl. <i>Mjabed</i>	Piste chamelière. Les <i>Mjabed</i> convergent vers les points d'eau, ce qui permet de les trouver même s'ils sont abandonnés depuis longtemps. (de <i>jbed</i> : puiser; le premier sens de <i>mejbed</i> étant la trace que laisse le chameau tirant l'eau d'un puits).
<i>Toures</i> pl. <i>Torsan</i>	Chemin, piste automobile (employé surtout par les Maures du Sud).
<i>Touiris</i>	Diminutif de <i>toures</i> .
<i>Trig (Triq)</i>	Chemin, passage, route.

Pour compléter cette énumération sommaire, on consultera avec profit les ouvrages suivants : R. PIERRET (1948) et A. LERICHE (1955).

D. — DOCUMENTATION GÉOGRAPHIQUE

La documentation géographique sur la région est très réduite :

1° Cartes topographiques

Ce sont toutes des cartes planimétriques, dont la seule qui aurait pu être utilisable est parue après l'étude de terrain.

— *Croquis de reconnaissance des régions sahariennes.*

Mauritanie 1/500 000, feuille *Bir Oum Grein* (feuille NG 29 SO), 1940, Service Géographique de l'A. O. F., dressée par les Officiers des Compagnies Sahariennes.

— *Croquis de l'Afrique Française* au 1/1 000 000, feuille *Tindouf* NG 29, 3^e édition, 1942, Institut Géographique National.

— *Carte des confins* au 1/500 000. Document inédit, Archives Subdivision Fort Trinquet, 1952.

— *AAF aeronautical chart* au 1/1 000 000, feuille n° 537, *Saguiet el Hamra*. Cette carte, intéressante pour les affleurements filoniens des zones cristallines, est pratiquement sans intérêt pour le Zemmour paléozoïque.

— *AF Preliminary base* au 1/500 000, feuille n° 537 A, *Smara*, 1948; feuille n° 537 D, *Bir Oum Grein*, 1948. Ces deux feuilles, ainsi que la précédente, sont établies d'après les photographies aériennes trimétriques américaines de la mission 1944. Elles sont intéressantes, notamment pour le réseau hydrographique.

— *Croquis provisoire des régions sahariennes* au 1/200 000, feuille Fort Trinquet, 1957. Exploitation sommaire de la couverture photographique aérienne verticale de l'I. G. N. (1952). Service géographique de l'A. O. F.

C'est la première carte satisfaisante de la région, parue malheureusement trop tardivement, et mal repérée par rapport aux derniers points astronomiques.

Pour les zones limitrophes du Sahara espagnol, existent d'assez bonnes cartes planimétriques en cinq couleurs :

— *Mapa del Africa occidental española* 500 000°

feuille NG 29 IV Semara, 1958

feuille NG 28 I Cabo Yubi - Bojador, 1958

feuille NG 28 II Guelta Zemmur, 1958.

2° Points astronomiques

A l'époque de mes premiers levés, je ne disposais d'aucun point astronomique dans la zone étudiée. Mes premières cartes d'itinéraires (J. Soucy, 1951, 1953) sont établies par rapport aux points astronomiques de Fort Trinquet, situé en zone granitique :

Fort Trinquet

Poste militaire	25° 13' 11" N	11° 34' 45" W	1934
Angle nord-ouest case en ruines	25° 13' 36" N	11° 34' 58" W	1932

En 1952, C. Corn, Ingénieur à la Direction des Mines de l'A. O. F., a exécuté à ma demande deux points astronomiques approchés, dans la zone paléozoïque :

Bir Aïdiat	25° 23' 10" N	11° 56' 50" W	1952
Aguelit Tighirt (grand arbre)	25° 49' 50" N	11° 44' 00" W	1952

Enfin la Commission de délimitation de frontière franco-espagnole a déterminé le long de la frontière des points de grande précision (à 50 m près), indiqués par des bornes et repérés sur photos aériennes. Les cartes au 1/50 000 présentées dans ce travail sont établies d'après les deux points suivants :

Point de la borne 35 (Khang Ezrayeb) (photos n° 654 et 23) :	26° 01' 06" N	11° 57' 50" W	1957
Point de la borne 36 (Khang Lejouad) (photos n° 662 et 663) :	25° 58' 53" N	11° 36' 44" W	1957

3° Photographies aériennes

Deux missions de l'I. G. N. ont permis de reprendre les premiers levés, effectués uniquement à la boussole et au compteur hectométrique de camion :

- Mission couverture aérienne verticale Fort Trinquet 1952
- Mission couverture aérienne verticale Fort Trinquet 1955.

La première couvre l'ensemble du degré carré Fort Trinquet en bandes est-ouest.

La deuxième a été demandée par le B. R. P. pour couvrir quelques lacunes de la première, le long du 12° méridien.

Ces deux missions couvrent la totalité de la région étudiée en photographies verticales d'excellente qualité. C'est grâce à elles que des levés détaillés au 1/50 000 ont pu être entrepris.

CHAPITRE II

CADRE GÉOLOGIQUE

A. — LES GRANDES LIGNES DE LA GÉOLOGIE DU SAHARA OCCIDENTAL

1° *Limites*

Pour le géographe, le Sahara occidental, auquel appartient le Zemmour, se termine au Nord sur la ligne Goulimine, Tarhjicht, Akka, Agdz; le Djebel Bani en fait partie, mais non l'Anti-Atlas proprement dit (R. CAPOT-REY, 1952, p. 31; 1953, p. 19). Les géologues au contraire placent la limite beaucoup plus au Nord, suivant la ligne sud-atlasienne d'Agadir à Figuig, incluant ainsi dans le Sahara occidental, la totalité de l'Anti-Atlas (N. MENCHIKOFF, 1949, p. 303).

A l'Est, le Sahara occidental s'arrête vers le méridien 0°, à peu près suivant la piste impériale Aïn Sefra - Gao, laissant au Sahara central le Grand Erg occidental, le plateau du Tademaït, le Bled el Mass, l'Azzel Matti primaire, la partie occidentale du cristallin de l'Ahaggar.

2° *Historique*

Nos connaissances géologiques sur le Sahara occidental sont passées par plusieurs étapes successives :

a) *La période des explorations*

Les premiers renseignements sur cette région ont été fournis par les explorateurs du XIX^e siècle. Le plus bel exploit paraît être celui de l'Allemand Oskar Lenz, qui a parcouru en 1881, à chameau, l'itinéraire Taroudant-Tindouf-Tarmanant-Taoudenni-Tombouctou. On lui doit la première carte géologique du Sahara occidental (1882) et il est le premier à avoir signalé le Dévonien du synclinal de Tindouf, le Carbonifère du « *Kreb en Neggar* », les granites des Eglab et le Tertiaire de Tindouf (O. LENZ, 1882, 1884).

Cette expédition est suivie par celle au Rio de Oro de Cervera et Quiroga en 1886, qui atteignent la Sebkhah d'Idjil et explorèrent la région d'Aoussert et de l'Adrar Souttouf. Etant géologue,

F. Quiroga a pu donner de précieux renseignements sur la nature de cette région (F. QUIROGA, 1886a, 1886b, 1886c, 1889).

b) *La période des premières reconnaissances géologiques*

C'est de 1900 à 1914 que l'on commence à dégager les grandes lignes de la géologie du Sahara occidental. C'est dans des conditions particulièrement difficiles que L. Gentil et A. Brives ont pu reconnaître l'Anti-Atlas et le Bani. A cette même époque, R. Chudeau dégageait les grandes lignes géologiques de la Mauritanie (1908, 1909, 1910, 1911, 1915, 1918). Il signale en particulier (1909) l'existence des terrains récents en bordure de l'Atlantique, et la discordance des formations gréseuses de l'Adrar Tmar sur le cristallophyllien de l'Inchiri. Il attribue ces grès au Dévonien et les roches métamorphiques au Silurien. On lui doit enfin la découverte des psammites à Lingules à Dakhlet Keïchi, à 40 km au Sud de Chinguetti. Plus au Sud, H. Hubert a fait les premières études précises sur le Soudan.

c) *La période des grandes découvertes géologiques*

La période d'entre deux guerres a vu naître sur cet immense territoire de nombreuses découvertes, grâce au travail de quelques géologues, parmi lesquels il faut citer :

- dans l'Anti-Atlas : J. Bondon, J. Bourcart, L. Clariond, P. Fallot;
- au Tafilalet : L. Neltner et E. Roch;
- dans le Sud-algérien : N. Menchikoff pour la Saoura et le bassin de Tindouf, P. Deleau pour le Houiller de Colomb-Béchar, A. Meyendorff pour l'Erg Chech et le Tademaït;
- en Mauritanie et au Soudan : L. Baud, R. Furon, F. Jacquet, Th. Monod et M. Nicklès.

C'est depuis cette période que sont connues les grandes lignes géologiques du Sahara occidental.

d) *Les études systématiques des Services géologiques*

C'est surtout depuis la fin de la deuxième guerre mondiale qu'ont commencé les études systématiques, organisées par le Service Géologique du Maroc, le Service de la Carte Géologique de l'Algérie, le Centre de Recherche Saharienne et le Service Géologique de l'A. O. F. et menées avec des effectifs de géologues plus nombreux et des moyens plus importants. Citons entre autres :

- G. Choubert, J. Destombes, J. Hindermeyer, H. Hollard et R. Du Dresnay pour l'Anti-Atlas,
- P. Gevin pour le Bassin de Tindouf,
- A. Poueyto pour la Saoura,
- M. Alia Medina, C. Muñoz Cabezon et J. De La Viña pour le Sahara espagnol,
- R. Karpoff pour l'Adrar des Iforas,
- A. Blanchot, C. Bense, J. Delpy, P. Elouard, L. Renaud, G. Rocci, S. Rouaix, C. Sainton, J. Sougy et R. Villemur pour la Mauritanie et le Soudan.

Des géologues métropolitains ont également effectué des missions ou des études, parmi lesquels : D. Le Maître, M. Roques, R. Lavocat.

Les travaux de tous ces géologues ont abouti à la publication de nombreuses cartes géologiques, dont la carte du NW de l'Afrique au 1/2 000 000 représente une synthèse.

e) *La période des Services et Sociétés de prospection*

Depuis 1950 environ, le Sahara est l'objet de très nombreuses missions de recherches minières ou pétrolières. Le Sahara occidental n'a pas échappé à cette fièvre. En particulier le Paléozoïque a bénéficié d'études très précises de géologues pétroliers pour le compte du B. R. P., de la S. N. REPAL, de la S. A. P. et de la CONORADA. Citons en particulier les excellents travaux, malheureusement le plus souvent inédits, de P. Jacquemont dans le Sud-marocain, et de J. Borocco dans la Saoura, le bassin de Tindouf et le Zemmour.

3° Géologie

Peu de travaux de synthèse ont été consacrés jusqu'ici à l'ensemble du Sahara occidental. Le principal est dû à N. MENCHIKOFF (1949); il résume de façon claire les connaissances de l'époque sur cette région.

Les ouvrages de R. FURON, *Géologie de l'Afrique* (1950) et *Géologie du Sahara* (1958), quoique s'adressant à des régions plus vastes, le complètent par l'apport de données plus récentes. Enfin, pour l'Anti-Atlas, on consultera les brillantes synthèses de G. CHOUBERT (1946, 1951 [1948], 1952, 1955 [1954], 1956, 1958 [1957]) et de G. CHOUBERT et J. MARÇAIS (1949).

Sa limite nord étant fixée à la ligne sud-atlasienne, le Sahara occidental appartient tout entier au « Bouclier Saharien », bloc rigide sur lequel les plissements alpins si intenses de la Berbérie n'ont eu que de très faibles répercussions. Le schéma stratigraphique général comporte :

- plusieurs formations précambriennes granitisées,
- des formations paléozoïques, plissées ou non, ni métamorphiques ni granitisées (tout au moins dans l'état actuel de nos connaissances), sauf peut-être dans le SW de la Mauritanie (C. BENSE, 1959b; J. DELPY, 1959a),
- des formations crétacées et tertiaires continentales ou marines (absence totale des formations marines du Permien au Crétacé inférieur compris),
- des formations quaternaires, généralement continentales, marines, en bordure de l'Atlantique seulement.

Du point de vue structural (fig. 6), le Sahara occidental s'organise autour d'une immense dorsale, appelée *Pays cristallin reguibat* par N. MENCHIKOFF (1949), dorsale qui prend l'ensemble du pays en écharpe du SW au NE. La zone d'affleurement la plus large de cette dorsale (420 km) est disposée suivant l'axe NNW-SSE passant par Bel Guerdane. L'aire d'affleurement se resserre au contraire entre Aouinet Bel Legraa et Chegga (160 km) et entre la Guelta du Zemmour et Tourine (160 km également). A l'Est, la Dorsale reguibat disparaît entre Bou Bernous et Grizim, sous les affleurements paléozoïques et l'Erg Chech. Au SW, elle s'incurve dans l'Amsaga et l'Inchiri vers le Sud et se prolonge ainsi par le Trarza jusqu'au Sénégal.

Au centre (Tiris, Ouassat, Ghallaman), la dorsale est surtout constituée par des formations métamorphiques très anciennes et granitisées (série de l'Amsaga et du Ghallaman). Au SW, des formations moins métamorphiques, moins fortement granitisées, plus homogènes, dominent; ce sont notamment la série d'Akjoujt, les quartzites de Bakel et les schistes de M'Bout, toutes ces formations appartenant à un même ensemble discordant sur les formations précédentes. Il s'avère de plus en plus que cet ensemble est un équivalent métamorphique du Paléozoïque situé plus à l'Est (C. BENSE, 1959b; J. DELPY, 1959d).

Au NE, la dorsale est constituée de séries pyroclastiques et volcaniques (série du Yetti - Aguelteb Nebkha, série du Gueld el Hadid - Aïoun Abd el Malek). Ces formations sont également discordantes sur les formations du Ghallaman. Mais leurs relations avec la série d'Akjoujt ne sont pas connues : discordantes sous le Paléozoïque du Hank, elles seraient par conséquent plus anciennes que la série d'Akjoujt (J. SOUGY, 1960).

Toutes ces formations présentent le plus souvent des orientations sub-méridiennes. Enfin, des granites postérieurs à toutes ces séries, mais antérieurs au Paléozoïque, occupent dans le Nord, du Zemmour aux Eglab, des étendues considérables.

Au Sud de cette dorsale, débutant par les falaises de l'Adrar Tmar, du Khat et du Hank, se développe l'immense bassin de Taoudenni, qui, en y adjoignant les plateaux gréseux du Soudan, présente une largeur de plus de 1 500 km, de Fort Gouraud à Banfora. Ce bassin est constitué de formations paléozoïques s'échelonnant de l'Infracambrien au Carbonifère supérieur continental. A l'Ouest, il passe aux massifs de l'Adrar Tmar, du Tagant et de l'Assaba, où la tectonique est plus marquée que dans son centre.

A l'Ouest des deux derniers massifs, entre les formations métamorphiques et le Paléozoïque, on connaît une série de roches sédimentaires dont la position stratigraphique a été fort contestée :

le Falémien. Pour certains géologues (M. ROQUES, 1948; L. RENAUD, 1958), cette série non métamorphique a une position stratigraphique intermédiaire entre le socle ancien et le Paléozoïque du Tagant et de l'Assaba. D'autres, et c'est là mon avis, pensent au contraire que ces formations ne sont qu'un faciès plus fortement plissé des formations du Paléozoïque inférieur du Tagant (C. BENSE et J. DELPY, 1958; C. BENSE, 1959b; R. DARS et J. SOUGY, 1958 [1957]).

Au Nord de la Dorsale reguibat, se développe le *bassin de Tindouf*, grand synclinal dissymétrique, mince au Sud et puissant au Nord vers l'Oued Dra, où les couches se redressent pour former les chaînes carbonifères de l'Ouarkiz et ordovicienne du Bani. Au Nord, se trouve l'énorme masse anticlinale de l'Anti-Atlas, surtout constituée par du Paléozoïque inférieur, avec réapparition au cœur du massif de petits noyaux précambriens.

Le bassin de Tindouf, dont la tectonique est relativement calme, se trouve encerclé par un grand arc de plissements partant du Zemmour en direction du NNE, se poursuivant dans le Zini et l'Anti-Atlas et se terminant en direction du SE par les chaînes d'Ougarta.

Pour compléter ces formations paléozoïques, il faut ajouter le bassin carbonifère de Colomb-Béchar, bassin marqué également par une profonde subsidence.

A l'Est, les formations paléozoïques des bassins de Tindouf et de Taoudenni font leur jonction entre Bou Bernous et Grizim, le long de la bordure occidentale de l'Erg Chech. Plus à l'Est, elles sont masquées et ne réapparaissent plus qu'au-delà de la piste Béchar-Gao, dans le Bled El Mass, l'Azzel Matti et l'Ahnet, qui appartiennent déjà au domaine du Sahara central.

A l'Ouest, les deux bassins se rapprochent étroitement sur l'axe « synclinal » Tourine-Guelta du Zemmour. Ces sortes d'axes anticlinaux et synclinaux perpendiculaires à l'axe général de la dorsale, et qui se manifestent par des reculs ou des avancées de la falaise primaire :

- axe synclinal Guelta du Zemmour - Tourine
- axe anticlinal Smara - Bel Guerdane - Bir Zreïgat
- axe synclinal Aouinet Bel Legraa - Nord de Chegga
- axe synclinal de Chenachane
- axe anticlinal de Grizim
- axe synclinal de Bou Bernous,

ne sont pas sans analogie avec ceux que l'on connaît au Sahara central perpendiculairement aux tassilis (axe anticlinal d'Hassi Messaoud par exemple).

Les deux bassins, et plus particulièrement celui de Taoudenni, sont traversés par des épanchements de dolérites, en sills et en dykes.

Aucun dépôt marin datant du Permien, du Trias, du Jurassique ou même de la base du Crétacé, n'est connu pour l'instant sur l'ensemble du Sahara occidental. Pendant cette période, il semble que la mer n'ait guère dépassé la ligne sud-atlasienne. Mais des formations continentales, d'âge mal déterminé, ou marines mais plus récentes, recouvrent les grandes structures hercyniennes précédemment décrites.

Tout le long de la côte atlantique existe une frange de terrains crétacés, tertiaires et quaternaires, s'élargissant de part et d'autre de la zone « anticlinale » de Port-Etienne - Villa Cisneros. Au Sud, s'étend le bassin côtier de la Basse Mauritanie, surtout composé de formations tertiaires et quaternaires, prolongation septentrionale du bassin sédimentaire côtier du Sénégal.

Au Nord, se développe le bassin côtier du Rio de Oro, où le Crétacé, surtout dans la Séguia el Hamra, atteint un grand développement. Ce Crétacé masque la prolongation vers l'Ouest du bassin de Tindouf et de son annexe, le Zemmour. Il est lui-même recouvert vers l'Ouest par des formations de plus en plus récentes tertiaires et quaternaires.

D'autres hamadas crétacées et tertiaires occupent de vastes espaces dans le Nord du Sahara occidental, mais elles ont un caractère continental ou lagunaire : la Hamada du Dra, la Hamada du Guir.

La partie sud-est du bassin de Taoudenni est également recouverte par d'importantes formations continentales débutant au Sud de Taoudenni avec la falaise du Khenachiche, et qu'on a coutume d'appeler le « Continental intercalaire ».

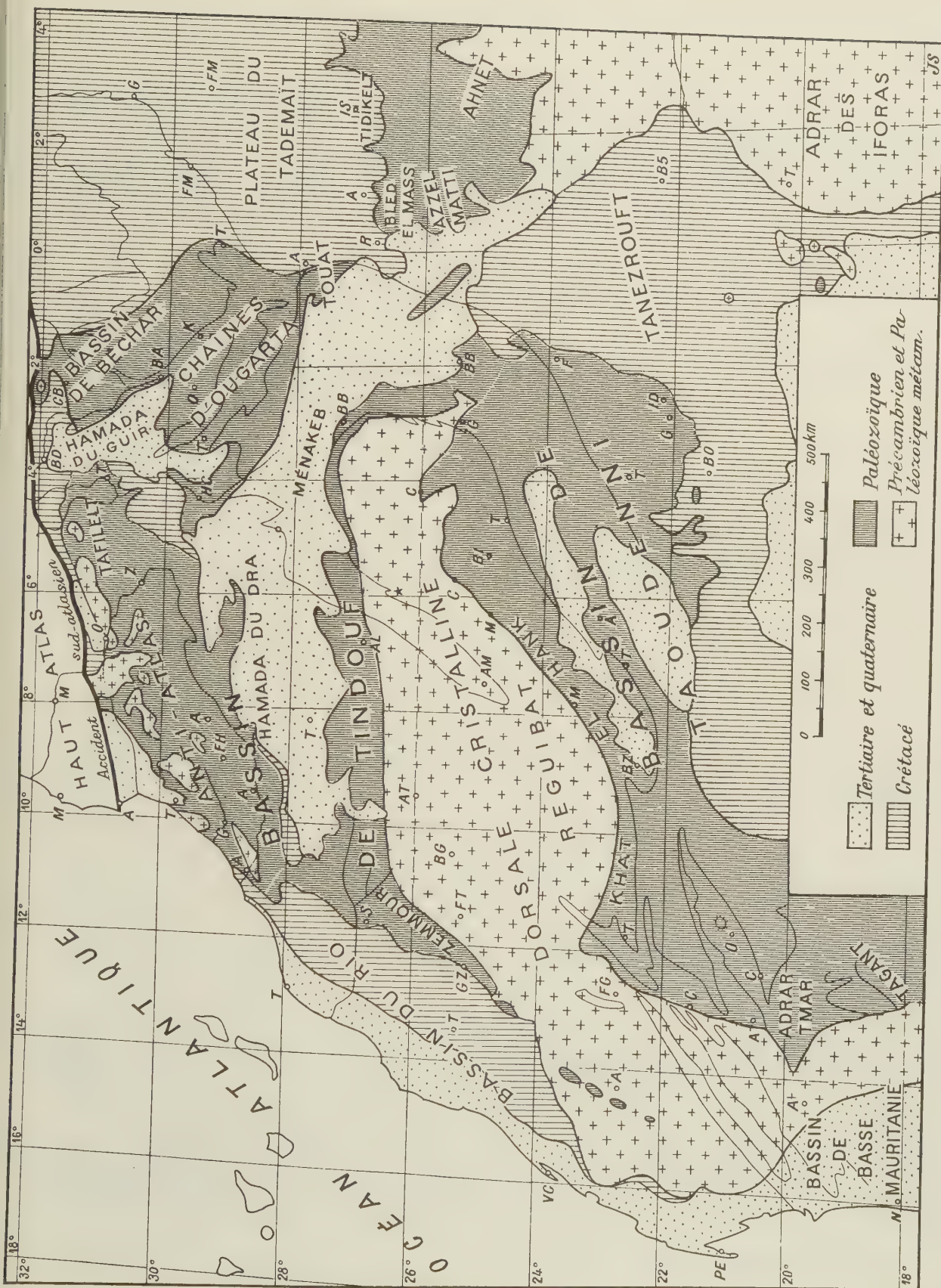


FIGURE 6. — Schéma géologique du Sahara occidental

Seules ces zones de subsidence ont subi des plissements hercyniens importants. Mais ces plissements sont restés de type appalachien et ne présentent pas de grands déplacements latéraux de style alpin.

Depuis la fin des plissements hercyniens, le Sahara occidental est entièrement figé, et seuls quelques mouvements verticaux l'ont affecté, donnant naissance en particulier à la transgression du Crétacé moyen ou supérieur. Seule, la bordure atlantique semble avoir conservé un certain caractère subsident.

B. — ESQUISSE GÉOLOGIQUE DU ZEMMOUR

Dans le Zemmour, on retrouve les quatre grandes unités que nous avons dégagées lors de l'esquisse géologique du Sahara occidental :

- le socle précambrien,
- le Paléozoïque plissé,
- le Crétacé,
- le Quaternaire.

Les formations cristallines du socle affleurent au Sud et à l'Est. Le Paléozoïque les recouvre en discordance angulaire à l'Ouest; il est plissé suivant des directions NNE-SSW. Les terrains crétacés, qui forment d'immenses recouvrements au Sahara espagnol, se terminent vers la frontière méridienne par des falaises très déchiquetées (massif de la Guelta), dont seuls quelques témoins avancés atteignent vers l'Est le 12^e méridien. Diverses formations quaternaires recouvrent enfin tous les termes précédents.

1° Le socle précambrien

Dans cette région, le socle est entièrement cristallin. On n'y rencontre pas les différentes séries précambriennes reconnues dans l'Ouassat, le Ghallaman, le Yetti et l'Iguidi.

Le Zemmour granitique (Zemmour el Abiodh) a fait l'objet d'un beau travail de G. Rocci (1955) consacré notamment à l'étude des différents types de granites de la région de Fort Trinquet. Mais cette étude détaillée ne concerne pas particulièrement le socle qui se trouve en bordure de la falaise, les types les plus variés étant situés plus à l'Est. C'est pourquoi, sur les cartes géologiques au 1/50 000 qui accompagnent mon travail, les granites n'ont pas été différenciés.

Au Sud d'Aghachan el Abiodh, les granites appartiennent aux *granites anciens* du Ghallaman (*ibidem*, p. 263). Dans cette région, il ne reste aucun témoin des vieilles séries métamorphiques du Ghallaman que ces granites « emballent » habituellement. Ce sont des granites calco-alcalins très hétérogènes, le plus souvent fortement orientés.

Vers le Nord et l'Est, à partir d'Aghachan, le socle est constitué par les *granites récents* de Fort Trinquet qui recoupent les précédents (*ibid.*, p. 271). Egaleme nt calco-alcalins, ces granites se différencient des granites anciens par leur texture grenue équate, leur quartz granulitique et leur grain généralement assez grossier. Par suite de leur couleur rose ou rouge, ils donnent naissance à des regs rouges. Ils sont recoupés par de nombreux filons de microgranites souvent parallèles entre eux; les feuilles Bir Aidiate, Bir Oumat el Ham et Gara Foug Gara donnent une idée de la complexité de ce réseau filonien. Ces microgranites étant plus durs que les granites qu'ils traversent, ils sont souvent seuls à affleurer sous forme de petites crêtes.

En dehors de ces granites, on rencontre aussi dans le socle des massifs de roches basiques. En particulier sous la Garat el Hamoueïd occidentale, le socle est constitué par une roche mélanocrate micacée. Le massif de Dara el Kelba est constitué par une énorme masse homogène de gabbro à hypersthène dont l'érosion en petits pitons pointus explique le nom donné à ce massif par les Regueïbat (1) (*ibid.*, p. 393).

(1) De l'arabe *dara* (ou *dhara*) = mamelle et de *kelba* = chienne.

Dans le Sud, l'érosion a nivelé le socle granitique qui apparaît sous forme de regs d'où pointent seulement quelques pitons rocheux (Aghachan el Abiodh, el Menea). Plus au Nord, les grands massifs granitiques de la région de Fort Trinquet (Negal et Agueye) se rapprochent de la falaise et le socle devient plus mouvementé dans le massif de Dara el Kelba et la région de Motlani.

Ce socle est traversé par de nombreuses fractures et failles difficiles à distinguer sur les photos aériennes des filons, sauf lorsqu'elles se poursuivent dans la falaise paléozoïque.

2° Le Paléozoïque

Sur le socle précambrien granitique, repose en discordance vers l'Ouest, une série sédimentaire paléozoïque. Elle débute par des formations classées jusqu'ici dans le « Cambro-Ordovicien », constituées à la base par des dolomies à Stromatolithes et ensuite par des formations schisto-gréseuses.

La série se poursuit par les schistes, les gypses et les calcaires d'un Gotlandien bien daté paléontologiquement. Ce Gotlandien est lui-même surmonté par un Dévonien bien développé, dans lequel F. JACQUET avait pu distinguer du Dévonien inférieur et du Dévonien moyen. Le Dévonien supérieur existe également, mais il est moins fossilifère que les étages précédents. La présente étude a permis de préciser l'existence certaine des étages suivants : Cambrien inférieur, Llandovery, Wenlock, Ludlow, Gedinnien, Siegenien, Couvinien, Givetien et Frasnien. L'existence de l'Emsien est probable mais non certaine.

Jusqu'ici le Carbonifère n'a jamais été caractérisé au Zemmour, mais il n'est pas impossible que le cœur de certains synclinaux en révèle un jour.

La zone étudiée ne comporte malheureusement que la partie mauritanienne du Zemmour paléozoïque dont une grande partie se trouve au Sahara espagnol. La partie mauritanienne peut se subdiviser en plusieurs bandes NNE-SSW de nature et de structure différentes, qui sont d'Est en Ouest :

a) *La bande orientale*, monoclinale, à pendages faibles (0 à 10°) vers l'WNW, qui n'est que la prolongation vers le SW du grand bassin de Tindouf. C'est dans cette bande que l'étude stratigraphique est la plus aisée, car la série y est complète, en particulier au NE, de Gara Bouya Ali à l'Amgala.

b) *La bande des synclinaux de Dévonien supérieur (Zone de Douik el Akhdhar).*

A partir de cette deuxième unité tectonique, le Paléozoïque devient très plissé (plissements de direction NNE-SSW). Les cœurs des synclinaux sont généralement constitués de grès du Dévonien supérieur, et les cœurs anticlinaux de grès du Couvinien ou de la partie supérieure du Dévonien inférieur.

c) *La bande du Dévonien inférieur très plissé (Zone de Douik el Abiodh).*

Dans cette troisième zone, le Paléozoïque devient très violemment plissé; les axes tectoniques étant relevés, c'est essentiellement le Dévonien inférieur qui affleure, sous forme de dalles luma-chelliques, de grès et de schistes. Il est devenu un peu plus puissant qu'à l'Est. Dans le cœur de quelques anticlinaux, le Gotlandien réapparaît parfois, par exemple entre Douik el Akhdhar et Douik el Abiodh.

d) *La chaîne de Dhlou.*

C'est la partie la plus occidentale qui soit visible en zone française (région de Khang Ezrayeb). Les axes anticlinaux continuant à s'élever, cette chaîne est constituée de « Cambro-Ordovicien » mais qui devient beaucoup plus puissant que dans la bande orientale. Les structures sont larges, de type appalachien, mais avec une tendance à l'écaillage, par tassement des anticlinaux.

Vers l'Ouest, cette bande disparaît sous les sédiments crétacés horizontaux.

de la formation semble bien continentale. L'ensemble de la formation est constitué par un matériel détritique très usé, plus ou moins grossier, qui est resté meuble à la base et est de plus en plus silicifié vers le sommet (grès à ciment d'opale puis quartzites). C'est seulement vers le tiers supérieur qu'apparaissent des niveaux siliceux fins (cherts) dont la maigre faune permet de préciser qu'il s'agit bien d'incursions marines. La série s'achève par une dalle très continue de quartzite qui constitue la dalle terminale des buttes-témoins.

Cette formation passe latéralement, vers la Séguia el Hamra, à des formations plus franchement marines qui débutent vraisemblablement plus tôt et qui sont constituées de faciès marneux et calcaires.

La région d'Aïdiate - Aghachan el Abiodh, avec ses faciès sableux et minces, correspond à la limite sud-est de la transgression marine du Crétacé supérieur du bassin côtier de la Séguia el Hamra. L'étude des puissances et des faciès indique que la région cristalline de Fort Trinquet était restée émergée à cette époque.

Postérieurement à son dépôt, la série crétacée d'Aïdiate a subi les transformations suivantes :

- *émersion* à une période qu'il est difficile de déterminer pour l'instant,
- *silicification* présentant un maximum d'intensité au sommet (vrais quartzites) et qui est nulle à la base (sables),
- *tectonique cassante* se manifestant par un certain nombre de fractures verticales visibles dans le massif d'Aïdiate,
- *érosion* très intense dans la région est, donnant des reliefs tabulaires et des falaises très déchiquetées; dans la région de Gara Foug Gara, le surcreusement a atteint près de 200 m.

Cette évolution de la formation a abouti à sa physionomie actuelle : paysages imposants de grandes buttes tabulaires aux pentes assez abruptes, jaunes, rouges ou blanches, sillonnées par un réseau serré d'oueds sablonneux encaissés.

4° Les formations récentes

A des altitudes bien inférieures à celles des plateaux crétacés, on rencontre enfin au Zemmour diverses formations beaucoup plus récentes, qui mériteraient à elles seules une étude particulière. Ces formations ont comblé le fond des dépressions creusées par l'érosion post-crétacée, et sont emboîtées les unes dans les autres. On peut en première approximation distinguer de la plus ancienne à la plus récente :

a) Une dalle de calcaire gréseux blanc (ou hamada).

C'est un dépôt vraisemblablement lacustre, analogue aux hamadas décrites dans tout le Sahara occidental; hamada du Ghallaman (G. Rocci, 1957 [1955], p. 49), du Yetti, de l'Iguidi, de Tindouf. C'est dans des formations analogues que G. Rocci a trouvé des *Melania tuberculata*. Je n'ai jamais rencontré de fossiles dans cette formation.

Elle se trouve réduite à quelques rares petites buttes témoins à la base des falaises orientales : région des Gour Lemdeïlbeh, Oued Boulehbeïra au Nord de l'Oumat el Ham, Sud de la Garat el Hamoueïd occidentale. Dans les exemples cités, la dalle calcaire, de quelques mètres de puissance, repose sur les pélites à glauconie du Cambrien, sans que le contact ait pu être observé.

Des affleurements plus étendus se trouvent un peu plus à l'Est, sur le socle granitique. Il semble bien que cette dalle calcaire s'arrête avec la falaise primaire, beaucoup plus élevée.

b) Conglomérat à gangue calcaire des terrasses anciennes.

Ce conglomérat correspond à un épandage de galets plus ou moins roulés de grès et quartzites paléozoïques sur la surface d'érosion post-crétacée. Ces éléments sont enrobés dans une gangue de calcite rose concrétionnée assez pure. La puissance de cette formation varie de quelques mètres à une quinzaine de mètres. Son toit, strictement horizontal dans les zones déprimées, s'élève doucement vers les hauteurs et les falaises.

Les relations de cette formation avec la précédente n'ont pas été observées. Toutefois, la nature de la gangue (calcite concrétionnée) rappelle souvent la hamada et l'on peut se demander s'il ne s'agirait pas d'un dépôt contemporain du précédent, mais beaucoup plus grossier.

Vers la tête de l'Oued Amgli el Harra, on trouve des roches silicifiées appartenant au même ensemble et qui contiennent des moulages de Gastéropodes.

Cette formation occupe de grandes superficies, masquant ainsi la série paléozoïque. Elle est notamment bien développée dans le NW du secteur où elle empâte les reliefs paléozoïques entre la chaîne de Dhlou et l'Amgala.

c) Terrasses récentes.

J'ai groupé sous ce vocable un ensemble de dépôts fluviatiles comportant des sables, des argiles et surtout des galets, et qui sont surcreusés par le réseau hydrographique actuel, tout au moins dans les parties amont des oueds. Sur les photographies aériennes, ces sédiments apparaissent généralement plus sombres que les alluvions actuelles. Ceci est dû à une patine ferrugineuse des galets qui n'a pas encore eu le temps de se former sur les galets des sédiments actuels.

Ces formations sont très grossières à proximité des reliefs (autour d'Aïdiate par exemple); elles deviennent plus fines en s'en éloignant. La pente de ces dépôts est généralement de même direction que celle des dépôts actuels. Ceci indique donc qu'ils sont dus au même réseau hydrographique.

À la surface de ces formations, on rencontre des haches paléolithiques (bifaces) et quelquefois un matériel atérien (grandes pointes de flèches ou de lances). Ces pièces présentent une patine analogue à celle des galets de ces terrasses. Par contre, le matériel néolithique (flèches plus petites et plus raffinées, perles en œuf d'autruche) peut se rencontrer sur les formations plus récentes, et ne présente pas cette patine.

d) Alluvions actuelles.

Les dépôts actuels sont les dépôts des oueds, des daïas et des sebkhas; les dépôts de dunes sont réduits à quelques ensablements des talus des falaises. Le matériel alluvial comporte une bonne part de sable d'origine éolienne mélangé aux clastiques d'origine fluviatile.

Grossièrement, on peut distinguer d'amont en aval :

- des dépôts argileux (petites daïas) dans les zones mal irriguées (lignes de partage des eaux),
- des dépôts de galets surtout à proximité des falaises,
- des dépôts sableux dans les oueds. Ce sable est généralement grossier et contient de nombreux petits débris de schistes et siltstones,
- des dépôts argileux, formant le fond de grandes daïas ou graras, se formant souvent sur les niveaux paléozoïques les plus argileux,
- des dépôts argilo-gypso-salifères, constituant le fond des sebkhas et notamment de la grande Sebkha Oudiate el Khyam, vers laquelle convergent de nombreux oueds (carte du réseau hydrographique, fig. 3).

En amont, les alluvions actuelles sont souvent à une quinzaine de mètres en contre-bas des terrasses plus anciennes. Par contre en aval, elles peuvent empâter ces dernières. Ce phénomène s'observe bien dans les Oued el Aakrich.

C'est dans les alluvions récentes que se trouvent la quasi-totalité des points d'eau. Ils sont situés généralement en un point de l'oued où le Paléozoïque est imperméable (schistes ou argiles) et où un banc dur, dalle calcaire par exemple, oblige l'oued à resserrer son lit. Celui-ci creuse alors une cuvette dans la partie argileuse plus tendre, et l'eau reste dans les alluvions de cette cuvette. C'est ainsi que l'on peut expliquer les points d'eau de Bir el Aïdiate, d'Aguel el Iouineght, d'Amgli el Harra, d'Aguel el Fiadh, etc.

Sur les cartes géologiques au 50 000^e, on s'est efforcé de distinguer ces diverses formations. Toutefois, les indications portées présentent certainement beaucoup d'erreurs, car ces formations n'ont pas été étudiées en détail. Une carte altimétrique serait d'ailleurs indispensable pour en entreprendre l'étude approfondie.

CHAPITRE III

MÉTHODES DE TRAVAIL

A. — LES MÉTHODES DE TRAVAIL SUR LE TERRAIN

De 1950 à 1955, le poste militaire de Fort Trinquet a toujours été ma base de travail. Il n'est situé qu'à une soixantaine de kilomètres des premiers affleurements paléozoïques. J'étais à cette époque chargé du levé du Précambrien du Ghallaman oriental et de la partie mauritanienne du Yetti, de l'Iguidi et du Kaghet. C'est pourquoi je réservais l'étude du petit secteur paléozoïque du Zemmour à des périodes de très forte chaleur ou de réparation des véhicules.

L'étude sur le terrain du Paléozoïque du Zemmour n'a pas été menée rationnellement; en effet, comme c'est souvent le cas en Afrique, les travaux des différents services sont mal coordonnés et se déroulent dans un ordre illogique. J'ai dû d'abord travailler avec, comme seul document géographique, la Carte de reconnaissance des régions sahariennes au 500 000^e, inutilisable.

J'ai donc été amené à faire des levés, avec mesure des distances au compteur automobile hectométrique, et des directions à la boussole à bain d'huile. Si cette méthode est relativement précise (surtout pour des itinéraires tendus), elle est très lente et le géologue consacre 95 % de son temps à des activités purement topographiques de mesures et de reports.

C'est lorsqu'une telle carte a commencé à prendre figure, que l'Institut Géographique National a effectué une mission photographique aérienne (1952). Ma carte était donc dépassée avant d'être terminée, et beaucoup de temps avait été perdu inutilement.

La restitution de la couverture aérienne des photos n'étant pas envisagée, j'ai dû établir moi-même un fond topographique qui sera évidemment périmé lorsque l'I. G. N. décidera d'exploiter ses photographies. J'ai pu, grâce aux photographies aériennes, travailler sur le terrain à pied, avec une maille moyenne de 500 m pour les zones plissées, plus lâche pour les régions calmes, en reportant les affleurements sur calque « Kodatrace » placé sur chaque photo.

Ce travail de détail, contrairement au travail purement itinérant mené en pays cristallin, me permettait d'installer un camp pour 5 à 8 jours au même point. La feuille Bir Aïdiat a ainsi été levée presque uniquement à partir d'une base installée au puits de ce nom, ce qui m'a permis de reconstruire solidement le puits, tout en rayonnant dans la région. Travaillant à pied, j'utilisais une partie du personnel à fouiller les gisements fossilifères et débiter les lumachelles.

Ce personnel était composé d'un chauffeur-mécanicien espagnol, d'un chauffeur maure et d'un manœuvre. Les véhicules comprenaient un vieux Dodge 4 × 4 militaire et un Power-Wagon

Dodge civil 4×4 . En général, un seul véhicule était utilisé, l'autre restant à la base, pour les courses à courte distance.

L'étude de terrain, quoique échelonnée sur plusieurs années, n'a duré au total que quatre mois. Le levé systématique, six mois environ, était prévu pour 1956, après l'étude des faunes. L'évolution des événements politiques n'a malheureusement pas permis de la mener à bien.

Les gisements fossilifères ont toujours été étudiés avec soin, en respectant au maximum la succession verticale des faunes, même d'échantillons provenant de niveaux très voisins. C'est ce qui a permis de distinguer par exemple dans le Dévonien moyen, à l'intérieur d'un même faciès marno-calcaire peu épais, les niveaux **80** et **81** dont la séparation correspond à la limite entre le Couvinien supérieur et le Givetien inférieur.

B. — LES ÉTUDES AU LABORATOIRE

Les études de laboratoire ont porté sur les échantillons :

300 à 423	récoltés en 1951
424 à 492	récoltés en 1954
493 à 599	} récoltés en 1955
2 000 à 2 195	

ainsi que sur les échantillons :

21 500 à 21 750 récoltés en mars 1955 par la mission J. BOROCCHO et R. NYSSSEN et que le B. R. P. a bien voulu me communiquer. Tous ces échantillons sont conservés dans la collection générale du Service géologique d'A. O. F., à Dakar, et une partie des échantillons paléontologiques au Muséum d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Paléontologie, à Paris.

Les études suivantes ont été effectuées :

- étude pétrographique macroscopique,
- étude pétrographique microscopique,
- étude granulométrique et morphoscopique (au microscope),
- analyse aux rayons X des argiles et des minéraux particuliers,
- analyse chimique,
- étude paléontologique.

Les observations, pour avoir une certaine valeur statistique, ont porté sur le maximum d'échantillons disponibles.

Tous les résultats obtenus ont été consignés en deux fichiers; je donne ci-dessous la méthode de présentation des fiches, car elle peut être utile à d'autres études systématiques ultérieures.

1° *Fichier pétrographique*

A chaque roche étudiée correspond une fiche ($20 \times 12,5$ cm) indiquant :

- le numéro du niveau de la coupe synthétique (en haut à gauche, en rouge),
- la dénomination détaillée de la roche,
- le numéro de l'échantillon (en haut à droite).

Ensuite :

- la localité exacte, y compris le numéro de la photographie aérienne correspondante,
- la dénomination du niveau (en rouge),
- la description macroscopique comportant la structure (stratification, litage, etc.), le grain, la cassure, la patine, la couleur de la cassure fraîche et celle de la patine, la dureté, la porosité, les minéraux identifiants à l'œil, les fossiles visibles, l'action de ClH et éventuellement la réaction du phosphomolybdate d'ammonium,
- la description microscopique comportant la texture, les galets et débris de roche, les grains : forme, abondance, nature minéralogique (dans l'ordre suivant : quartz, feldspaths, plagioclases, minéraux lourds, glauconie, phosphate...), les lamelles de micas détritiques, les oolithes, les micro-débris organiques identi-

fiables au microscope grâce à leur structure, le ciment, les phénomènes secondaires : filonnets, broyage, recristallisation, nourrissage.

— la *granulométrie au microscope*, sous forme d'un petit tableau donnant les résultats suivants, pour les grains les plus gros, les grains moyens, et les grains les plus petits :

	Max.	Moy.	Min.
Dimension en μ (size)			
Forme (sphericity)			
Arrondi (roundness)			

— les analyses aux rayons X

— nature et pourcentage des différents minéraux argileux,

— autres minéraux identifiés.

— les analyses chimiques.

Celles-ci sont portées sur une fiche annexe, comportant l'analyse, les équivalents moléculaires et les pourcentages calculés des différents constituants minéralogiques.

— les *microphotos* de la roche en plaque mince avec le grossissement.

2° Fichier paléontologique

A chaque espèce de chaque gisement correspond une fiche individuelle (2 000 fiches au total) comportant :

— la *détermination du fossile* en haut à gauche

— le *n° du niveau* (en rouge)

— le *n° du fossile* en haut à droite. Le numéro est le même pour tout un gisement, des lettres différentes étant données pour les différents fossiles du même gisement. Ex.: 2082 M.

— les *subdivisions* auxquelles appartient le fossile (embranchement, classe, famille, sous-famille, genre, sous-genre),

— la *localité précise*, y compris le numéro de la photographie aérienne,

— la *dénomination précise du niveau* (en rouge),

— les *références bibliographiques* des ouvrages décrivant le fossile,

— l'*extension verticale* (en bas à gauche, en rouge),

— le *nom du déterminateur* (en bas à droite),

Au dos :

— les *photos et les dessins* du fossile avec le grossissement.

Ce système de fiches permet de grouper rapidement tous les renseignements désirés sur un niveau précis, sur une famille, ou sur un gisement, etc. Pour être rentable, ce système nécessite un secrétaire, ce qui n'a malheureusement pas été le cas pour cette étude.

J'ai effectué personnellement les études macroscopiques, microscopiques et granulométriques. J'ai déterminé *grosso modo* les échantillons paléontologiques, je les ai classés, dégagés, préparés, et confiés, chaque fois qu'il a été possible, à des spécialistes pour la détermination précise :

M^{lle} J. DROT pour les Brachiopodes du Gotlandien et du Dévonien,

M. H. LARDEUX pour les Tentaculites, Lamellibranches et Gastéropodes,

M^{lle} D. LE MAÎTRE pour les Polypiers,

M^{me} G. PETTER pour les Goniatites,

M. A. PHILIPPOT pour les Graptolites,

M. J. PILLET pour les Trilobites,

M. Ch. POULSEN pour les Brachiopodes inarticulés du Paléozoïque inférieur.

Certains groupes, tels que les Orthocères, les Crinoïdes et les Bryozoaires, n'ont pas encore fait l'objet de déterminations très précises. Les excellentes photographies de pétrographie et de paléontologie qui illustrent ce mémoire, sont dues au talent de M. MÉMIN, du Laboratoire de Géologie de l'Ecole Normale Supérieure, et celles, non moins remarquables des Brachiopodes inarticulés du Cambrien, à M. LERICHE, du Laboratoire de Géologie de la Sorbonne.

L'étude aux rayons X de 75 échantillons d'argiles a été confiée au Laboratoire de Géologie de l'Université de Strasbourg, et réalisée, sous la direction du Professeur G. MILLOT, par Th. CAMEZ, J. LUCAS et Ch. ROTH. Il s'agissait de déterminer la nature et les proportions approximatives des différents constituants de la phase argileuse des schistes, des argiles et des marnes. Quelques échantillons gotlandiens nécessitaient de plus la détermination de certains sulfates, dont l'existence était suggérée par l'analyse chimique (alunite, epsomite). La méthode utilisée était la méthode classique de Debye et Scherrer, avec mesure comparative de l'intensité des raies.

Les analyses chimiques ont été effectuées au Laboratoire de Chimie de la Direction des Mines de l'A.O.F., pour la plupart par M^{me} B. MARTINET. Ces analyses n'étaient demandées qu'après étude au microscope des échantillons; elles avaient pour but principal une meilleure connaissance des roches en précisant par exemple :

- pour les roches carbonatées :
 - les proportions de carbonate et d'insoluble dans la roche,
 - les proportions relatives de calcite et de dolomite,
- pour les roches ferrugineuses :
 - la teneur en fer métal et éventuellement les proportions de Fe^{3+} et Fe^{2+} ,
- pour les roches argileuses :
 - la teneur en Al_2O_3 , en alcalis, en eau, etc.
- pour les nodules de phosphate :
 - la teneur en P_2O_5 .

Une analyse complète sur glauconie isolée a permis d'en calculer la formule structurale.

C. — DÉFINITION DE CERTAINS TERMES UTILISÉS

Avant de débiter toute description, il est nécessaire de préciser dans quelle acception sont utilisés certains termes dont le sens varie suivant les auteurs. C'est ainsi que l'on précisera et discutera le sens donné dans cet ouvrage aux termes suivants :

- structure et texture;
- dimension, arrondi et usure des grains;
- grès, siltstone, pélite et argile;
- microfaciès;
- calcaire, dolomie et termes intermédiaires.

1° Structure et texture

Les deux termes *structure* et *texture*, dans la littérature française, prêtent souvent à confusion, car ils peuvent être pris dans des sens opposés. Comme le rappelle M^{lle} J.-M. LAUBARD (1953), les pétrographes allemands et français utilisent, à la suite de H. ROSENBUSCH (1910), F. FOUQUÉ et A. MICHEL-LÉVY (1879) et A. LACROIX (1933), le terme *structure* dans l'acception suivante : « mode d'agencement microscopique des minéraux entre eux ». Ils réservent le terme *texture* pour la forme, la disposition et la dimension des minéraux à l'échelle macroscopique (J. JUNG, 1958, p. 59).

Au contraire pour les géologues anglo-saxons (F. J. PETTIJOHN, 1957, p. 13 et 157), la signification de ces deux termes est presque inverse. Pour eux, la structure concerne les caractères surtout visibles sur le terrain et la texture ceux visibles sur l'échantillon ou au microscope.

Dans ce travail, ces deux termes seront utilisés dans leur acception anglo-saxonne, à la suite

de G. Rocci (1957 [1955], t. 2, p. 256). En effet, si l'on cherche un équivalent à l'expression stratification entrecroisée, visible à l'échelle de l'affleurement, on emploiera plus volontiers structure entrecroisée que texture entrecroisée.

La *structure*, dans les descriptions pétrographiques qui suivent, est donnée lors de l'examen macroscopique. Elle concerne le litage, la stratification, la schistosité, l'hétérogénéité, etc. Elle peut aussi être observée à l'œil nu, sur plaque mince.

La *texture* est décrite lors de l'examen au microscope; elle comporte essentiellement l'agencement entre eux des minéraux et notamment des clastiques (minéraux et débris d'organismes). Nous parlerons donc de :

- *texture détritique à grains jointifs* pour des grès où les grains détritiques sont contigus,
- *texture détritique à grains non jointifs* pour des grès où les grains détritiques sont séparés les uns des autres par le ciment,
- *texture granulaire en mosaïque* pour des grès où le nourrissage a transformé les grains en cristaux jointifs, comme dans une roche métamorphique, mais généralement sans orientation privilégiée.

Du point de vue dimensions des cristaux, on parlera, pour les calcaires par exemple, de :

- *texture cristalline* (cristaux visibles à l'œil nu);
- *texture microcristalline* (cristaux visibles au microscope);
- *texture cryptocristalline* (cristaux au-dessous de la limite de visibilité d'un microscope courant) (5 μ).

Enfin, on emploiera ici un terme habituellement utilisé pour les roches cristallines et cristallophylliennes : la *texture poecilithique*, pour parler des grès dont les cristaux du ciment, largement développés, enrobent de nombreux grains détritiques.

2° Dimension, arrondi et usure des grains

Les roches paléozoïques du Zemmour étant dans leur grande majorité consolidées, l'étude granulométrique ne peut être faite que sur plaques minces. Les caractères des grains qui ont été étudiés sont les suivants :

a) Granulométrie

- *dimension* (size).

Les mesures ont été faites au microscope, à l'aide d'un micromètre. Pour chaque préparation, on a mesuré :

- le diamètre le plus petit du plus gros grain;
- le diamètre le plus petit du grain moyen;
- le diamètre le plus petit du grain le plus petit.

Ces deux dernières mesures sont un peu subjectives. Elles nécessitent une certaine appréciation de l'observateur, qui doit par conséquent être toujours le même.

b) Morphoscopie

L'étude morphoscopique est incomplète puisqu'elle n'est faite que sur des sections de grains. Il est toutefois possible d'apprécier deux caractéristiques des grains : la sphéricité et l'arrondi.

- *sphéricité* (sphericity).

La sphéricité est le rapport du diamètre d'une sphère de même volume que le grain, sur le diamètre d'une sphère circonscrivant le grain. Un grain parfaitement sphérique a une sphéricité de 1, un grain très allongé, une sphéricité se rapprochant de 0 (F. J. PETTJOHN, 1957, p. 56).

Le diamètre de la sphère circonscrite correspond au plus grand diamètre du grain. Il est évident qu'en lame mince certaines sections de grains allongés (ellipsoïdes) seront voisines d'une section

circulaire. On trouvera donc toujours des grains ayant une forte sphéricité apparente en section (voisine de 1).

Seule la *sphéricité minima* (grain le plus allongé dans la plaque mince) *est donc en réalité mesurable au microscope*. Quand les grains sont très allongés, la sphéricité minima se rapproche de zéro (0,2 ou 0,1 par exemple); quand ils sont voisins d'une sphère, la sphéricité se rapproche de 1 (0,8 à 0,9).

— *arrondi* (roundness).

L'arrondi caractérise l'état d'usure des angles d'un débris clastique; c'est donc une donnée entièrement différente de la sphéricité, un grain très allongé pouvant être fortement usé (F. J. PETTIJOHN, 1957, p. 57). Il est défini par le rapport entre le rayon de courbure moyen des « angles » et des coins du grain et le rayon de la sphère inscrite dans le grain. Un grain très usé aura un arrondi voisin de 1,0, un grain très anguleux un arrondi se rapprochant de 0. Les grains éoliens fortement usés ont un arrondi atteignant communément 0,8 ou 0,9.

L'arrondi est plus facile à apprécier au microscope que la sphéricité. Mais lorsque les grains sont nourris ou lorsque le ciment de calcite est bien cristallisé, la forme originelle des grains est altérée ou masquée.

Les mesures morphoscopiques ont été faites par comparaison visuelle avec le tableau proposé par W. C. KRUMBEIN et L. L. SLOSS (1955). Elles sont portées dans les tableaux stratigraphiques.

3° Conglomérat - grès - siltstone - pélite - argile

Peu de termes sont pris dans des acceptions aussi variées. Si tous les auteurs sont d'accord pour définir ces roches suivant la dimension des grains détritiques, ils ne le sont malheureusement plus lorsqu'il faut préciser les limites entre les différentes subdivisions. Le tableau n° 4 résume les

	U.R.S.S.	U.S.A.	FRANCE	
	Conglomérat et brèche	Conglomerate	Conglomérat	
2 mm				2 mm
	Sable et grès	Sand and sandstone	Sable et grès	
100 μ	Aleurite et aleurolite			
60 μ		Silt and siltstone	Poudre et pélite	20 μ
10 μ				
4 μ	Argile et argilite	Clay and claystone	Argile	2 μ

TABLEAU n° 4

catégories et les limites généralement adoptées par les auteurs russes (I. A. PREOBRAGENSKY et S. G. SARKISLAN, 1954, pp. 11-22), américains (F. J. PETTIJOHN, 1957, pp. 19-20), et français (J. BOURCART, 1941, p. 125).

L'étude de 500 échantillons de roches sédimentaires du Zemmour nous a conduit à adopter la classification qui nous est apparue la plus commode pour différencier et nommer nos roches, en tenant compte de la possibilité de faire ultérieurement cette distinction sur le terrain.

La limite de 2 mm entre grès et conglomérat est admise par les trois écoles. C'est donc celle que nous avons adoptée, quoique certaines roches, dont les grains ont 3 mm, se rapprochent plus des grès que des conglomérats.

La limite inférieure des sables et des grès est beaucoup plus discutée. Les auteurs russes la placent à 100 μ ; J. BOURCART à 20 μ ; les américains à 1/16 mm, soit environ 60 μ .

Dans la pratique, il s'est avéré que la limite de 20 μ était trop faible et celle de 100 μ trop élevée. C'est la limite de 60 μ qui correspond le mieux pour nos roches aux distinctions que l'on peut faire sur le terrain. Les sédiments constitués de grains de 40 μ peuvent difficilement être appelés des grès, même fins. Par contre la limite de 100 μ oblige à admettre dans les aleurolites des roches que, sur le terrain, tout le monde serait d'accord pour nommer des grès fins.

C'est pourquoi nous avons adopté, dans les tableaux stratigraphiques et les descriptions pétrographiques, la limite de 60 μ et le terme de siltstone.

Toutefois le terme de pélite est commode pour les roches très fines comprises entre 2 et 20 μ (siltstones fins). C'est pourquoi nous l'avons utilisé pour les roches entrant dans ces limites.

La limite supérieure de 10 μ choisie par les Russes pour les argiles, semble trop élevée, car elle admet dans cette catégorie des roches « grattant encore fortement sous la dent ». La limite 2 ou 4 μ (peu importe) correspond au pouvoir séparateur d'un microscope ordinaire et justement à des roches qui ne crissent plus sous les dents.

C'est pourquoi nous utiliserons le système suivant :

2 mm	60 μ	20 μ	4 μ
Conglomérats	Grès	Siltstones	Pélites
			Argiles

TABLEAU n° 5

dont on pourra nous objecter qu'il n'est pas linguistiquement homogène, mais qui a l'avantage de mieux s'adapter sur le terrain à la distinction de nos roches.

G. MILLOT (1949, pp. 21-22), pour éviter la confusion qui existe entre argile-minéral et argile-roche, préconise l'utilisation du terme *argilite*. Or ce terme est utilisé (avec deux « l ») dans le sens d'une roche argileuse très indurée, très compactée, par les auteurs anglo-saxons. C'est pourquoi, pour éviter toute confusion, nous avons continué à employer ici le terme argile, en précisant qu'il s'agissait de roche, chaque fois qu'il pouvait y avoir ambiguïté.

La représentation graphique des données de granulométrie dans les tableaux stratigraphiques permet de voir, d'un rapide coup d'œil, à quelle catégorie appartiennent les roches détritiques d'un niveau ou d'un ensemble de niveaux.

4° Microfaciès

Ce terme, actuellement très utilisé par les géologues pétroliers, est pris dans ce travail dans le sens très précis que lui a conféré J. CUVILLIER (1945, 1952).

« Le *microfaciès* d'une roche sédimentaire correspond à l'association, à l'échelle du microscope, des caractères minéralogiques et paléontologiques de cette roche; le terme ne s'applique qu'à des roches *dures* et ne prend son sens que si l'on étudie des *sections minces* dans ces roches; il comporte, en effet, une *image* qui montre, dans leur position vraie, tous les éléments constitutifs de la roche. Le lavage d'une roche meuble, s'il fournit, séparément, d'une part, des minéraux, d'autre part, des

organismes, ne permet pas de saisir ce « paysage sédimentaire » qu'est un microfaciès où les uns et les autres se présentent dans les conditions mêmes où ils se sont trouvés rassemblés au moment de leur sédimentation. Il va de soi qu'il n'y a pas de microfaciès pour des roches azoïques ».

La pleine signification de ce terme apparaîtra très bien en feuilletant les planches XI à XXII de microphotographies pétrographiques, et plus particulièrement la fig. 5 de la Pl. XII, les fig. 1 et 5 de la Pl. XIII, la fig. 1 de la Pl. XV et la fig. 2 de la Pl. XIX, où l'on assiste littéralement à la sédimentation de la roche.

La distinction des différents types de microfaciès pourra en particulier servir à reconnaître ultérieurement en sondage les unités stratigraphiques que nous allons définir en surface (R. W. FAIRBRIDGE, 1954).

5° Calcaires, dolomies et roches intermédiaires

Les classifications des roches carbonatées sont nombreuses. Il est donc nécessaire de définir également le sens des termes utilisés dans les descriptions pétrographiques. R. W. FAIRBRIDGE (1957) a présenté une belle synthèse résumant l'état actuel de cette question.

Dans le travail essentiellement descriptif qui suivra, j'ai préféré utiliser une classification qui ne fasse pas intervenir l'origine des roches carbonatées, ce qui implique toujours une certaine interprétation. C'est pourquoi je n'ai pas utilisé, malgré tout l'intérêt qu'elle présente, une classification du genre de celle proposée par G. V. CHILINGAR (1956, 1957) basée sur le rapport Ca/Mg et dans laquelle les limites entre les différentes classes sont partiellement déterminées par l'origine des roches : Ca/Mg > 105 implique, en dehors du dépôt d'organismes, une précipitation de CO_3Ca chimique ou une dédolomitisation; Ca/Mg < 3,5 implique une formation de dolomite par voie chimique ou une dolomitisation plus ou moins complète.

J'ai préféré utiliser le cadre classique, plus rigide peut-être, mais plus objectif, de la classification adoptée par L. CAYEUX (1935), codifiée par F. J. PETTIJOHN (1949, p. 312; 1957, p. 417) et admise par de nombreux auteurs dont A. CAROZZI (1953, p. 125), et J. RODGERS (1954, p. 226).

Dans cette classification, la dénomination de toute roche carbonatée s'appuie sur deux critères :

- 1° le pourcentage en poids des carbonates dans la roche;
- 2° les pourcentages complémentaires pondéraux de dolomite ($2\text{CO}_2\text{CaO MgO}$) et de calcite (CO_2CaO) dans le total des carbonates (et non pas leurs pourcentages dans la roche).

1° Lorsqu'il y a plus de 50 % de carbonates, la roche est appelée un calcaire, une dolomie ou un calcaire dolomitique par exemple. On ajoute à cette dénomination des adjectifs exprimant approximativement le pourcentage, toujours inférieur à 50 %, d'« insolubles ». Exemple : calcaire gréseux, dolomie micacée. On désigne ici par « insolubles » tous les autres composants de la roche qui sont en majorité insolubles dans ClH (argiles, feldspaths, quartz...).

Lorsqu'il y a au contraire moins de 50 % de carbonates, et en principe plus de 10 %, les « insolubles » dominent. La roche porte alors un autre nom : grès, siltstone, schiste par exemple, et on lui affecte un ou plusieurs adjectifs correspondant au nom de la roche carbonatée qui présente les mêmes proportions des deux carbonates. Ainsi, « grès calcaire dolomitique » signifie que les grains détritiques de quartz dépassent 50 % et que dans le total des carbonates rapporté à 100, il y a entre 50 et 90 % de calcite et entre 50 et 10 % de dolomite.

2° Les limites admises le plus généralement sont les suivantes :

0 à 5 %	} de dolomite dans le total des deux carbonates	} calcaires calcaires magnésiens calcaires dolomitiques dolomies calcaires dolomies
5 à 10 %		
10 à 50 %		
50 à 90 %		
90 à 100 %		

Cette classification admet que le CO_3Mg est sous forme de dolomite. En réalité une certaine quantité de CO_3Mg est sous forme de solution solide dans la calcite (R. W. FAIRBRIDGE, 1957, p. 128). Mais la teneur du CO_3Mg se trouvant sous cette forme, qui peut atteindre jusqu'à 15 % dans les

roches récentes, n'est plus que de 2 ou 3 % dans les roches anciennes du Paléozoïque (K. E. CHAVE, 1954). Nous n'en tiendrons donc pas compte.

1		2		Roche n° Dolomie des Noces. Frasnien du Boulonnais. (L. Cayeux)			
c =	34,00	$\frac{G}{56} =$	0,6071				
m =	16,80	$\frac{m}{40} =$	0,4200	x 184 = D =	77,28	$\frac{D \times 100}{D + K} = D_1 =$	80,51
q =	44,98	$\frac{c}{56} - \frac{m}{40} =$	0,1871	x 100 = K =	18,71	$\frac{K \times 100}{D + K} = K_1 =$	19,49
c + m + q =	95,78			D + K =	45,49	Total =	100,0
$\frac{m \times 100}{c + m + q} = m_1$	17,54	$\frac{c}{56} + \frac{m}{40} =$	1,0271	x 44 = Q =	45,49	"Insolubles" 100 - (D + K)	4,01

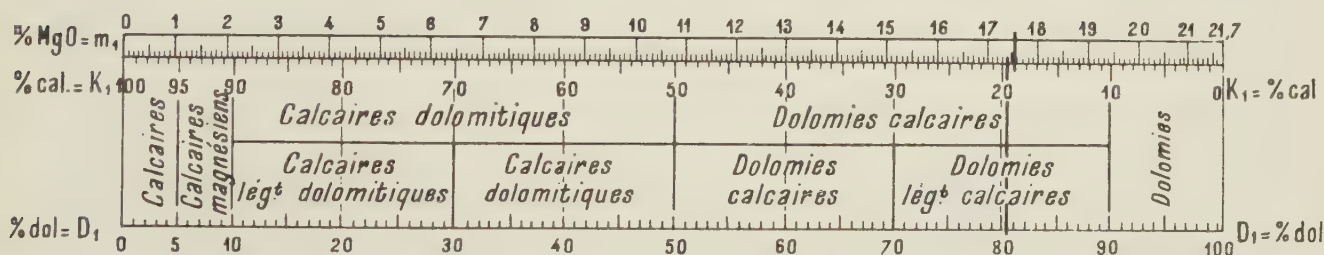


FIGURE 7. — Méthode de détermination rapide d'une roche carbonatée à partir de son analyse chimique

La méthode de calcul utilisée à partir des analyses, et le mode de représentation graphique ont déjà été exposés par ailleurs (B. MARTINET et J. SOUGY, 1958). Le tableau de la fig. 7 expose deux méthodes de calcul de façon aussi condensée que possible :

(1) Méthode rapide approchée tenant compte du CO_2 de l'analyse :

c = % CaO après déduction du CaO combiné à P_2O_5 et SO_3

m = % MgO

q = % CO_2

On porte la valeur calculée m_1 dans le graphique du bas du tableau.

(2) Méthode de calcul ne tenant compte que de CaO et MgO :

Le tableau permet le calcul de :

D = pourcentage de dolomite dans la roche

K = pourcentage de calcite dans la roche

D + K = pourcentage des carbonates dans la roche

D_1 = pourcentage de dolomite dans le total des deux carbonates

K_1 = pourcentage de calcite dans le total des deux carbonates

Q = pourcentage de CO_2 combiné aux deux carbonates

I = pourcentage d'« insolubles ».

La figure 8 donne une méthode de détermination graphique à partir des oxydes, qui ne nécessite aucun calcul et permet une représentation par points des roches d'un même niveau. Ce type de graphique a été utilisé pour toutes les roches carbonatées analysées dans ce travail.

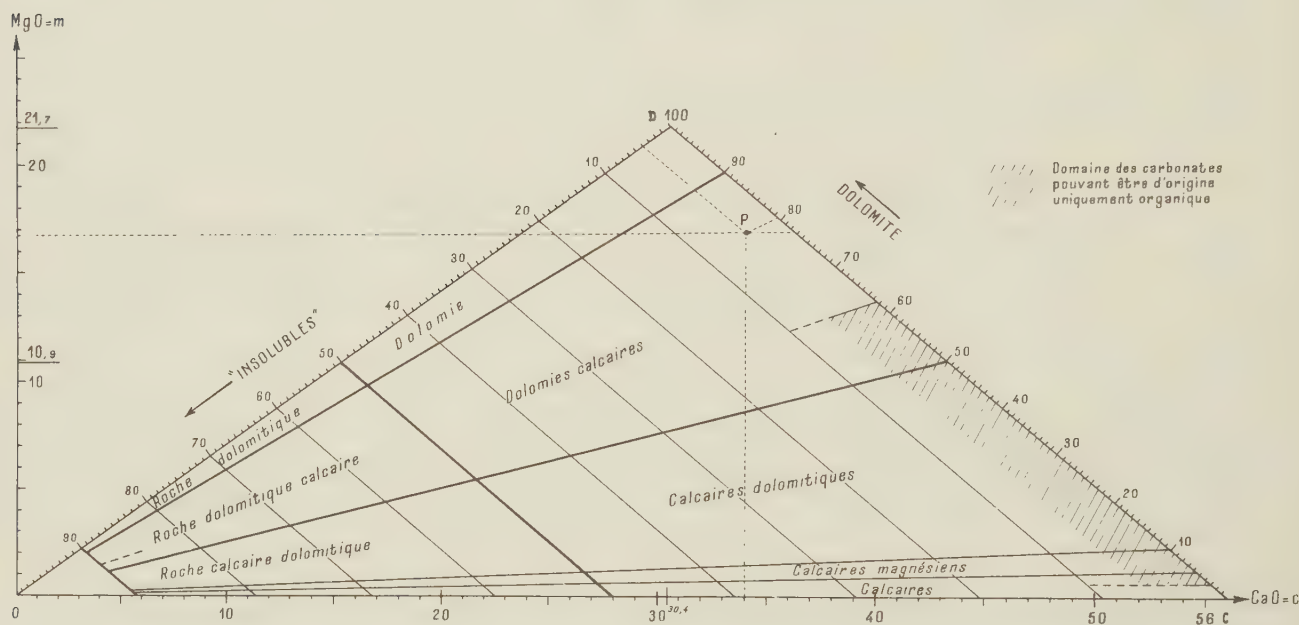


FIGURE 8. — Diagramme de détermination graphique des roches carbonatées à partir de l'analyse chimique

Le point figuratif P d'une analyse est obtenu en portant en abscisses la teneur en CaO (déduction faite du CaO combiné à P_2O_5 et à SO_3) et en ordonnées celle en MgO. L'intersection de OP avec la droite CaO - 100 D₁ donne le pourcentage de dolomite dans le total des deux carbonates. L'intersection de cette même droite avec la parallèle à l'axe des abscisses passant par P, donne le pourcentage de dolomite dans la roche; l'intersection de la parallèle à cette même droite passant par P avec la droite 0 — 100 D₁ donne le pourcentage d'insolubles.

Sur ce graphique, on a enfin indiqué, d'après G. V. CHILINGAR (1957), le domaine des carbonates pouvant être d'origine purement organique. Dans les autres domaines cette origine ne peut à elle seule expliquer la composition des roches. Il s'y ajoute d'autres phénomènes : précipitation chimique, dolomitisation, dédolomitisation, etc.

En conclusion, comme le souligne G. MILLOT (1949, p. 48), il est bien certain que de telles limites sont obligatoirement rigides et arbitraires et que dans la pratique il est parfois nécessaire de les assouplir. « A vouloir trop préciser, on parvient à des absurdités ». C'est ainsi que nous parlerons par exemple des « marnes » de l'Amgala qui sont en réalité des calcaires argileux.

D. — ÉLABORATION DES « TABLEAUX STRATIGRAPHIQUES DÉTAILLÉS »

Quinze tableaux stratigraphiques détaillés accompagnent ce travail. Ils répondent au souci de présenter sous une forme condensée et parlante un maximum d'observations. Ils permettent d'obtenir aussi bien un renseignement de détail précis sur un échantillon, que les caractères généraux de toute une formation, et ceci en évitant d'allonger démesurément le texte.

Chaque tableau correspond à une tranche de la stratigraphie locale du Paléozoïque. Celle-ci a été subdivisée en une centaine de niveaux, numérotés de **1** à **102**. Ce système a l'avantage de préciser le plus exactement possible la position des associations de faune dans l'échelle stratigraphique locale. Deux niveaux successifs sont séparés dans les tableaux par un trait plein horizontal, tandis que deux faciès différents latéraux d'un même niveau le sont seulement par un trait discontinu.

Tous les tableaux sont établis sur le même plan. Ils comportent un certain nombre de rubriques disposées en colonnes verticales. Ils peuvent donc se juxtaposer en vue de comparaisons.

Les deux (parfois trois) premières colonnes indiquent la stratigraphie générale proposée; elles donnent des renseignements synthétiques. Les trois colonnes suivantes indiquent les différents niveaux unitaires distingués, la première le numéro du niveau, la deuxième sa puissance et la troisième sa dénomination. Dans la colonne suivante sont portés les numéros des échantillons appartenant au niveau. Les numéros soulignés correspondent aux échantillons dont une microphotographie est figurée dans les planches hors-texte. Les colonnes qui viennent ensuite sont consacrées à l'étude pétrographique des roches :

détermination des échantillons;
étude des clastiques;
étude de la phase argileuse;
étude de la phase chimique;
étude de la phase organique.

Les dernières colonnes sont consacrées à des renseignements paléontologiques (microfaune et macrofaune).

L'étude des clastiques comporte plusieurs colonnes indiquant la nature et la fréquence de chaque catégorie de minéraux détritiques, la granulométrie et la morphoscopie du quartz. Les renseignements granulométriques sont présentés de manière que la granulométrie statistique d'un niveau apparaisse au premier coup d'œil. De même la nature et la fréquence des débris clastiques minéraux et organiques est présentée de façon synoptique.

Les faunes comportent la liste de tous les fossiles rencontrés dans le niveau considéré, avec leurs références pour que l'on puisse revoir ultérieurement les déterminations en consultant les collections conservées à l'ex-Service géologique de l'A. O. F. et au Muséum d'Histoire naturelle de Paris. Les échantillons figurés sur les planches hors-texte de paléontologie sont soulignés.

Ce système de tableau synoptique, certainement encore bien imparfait, est l'aboutissement de nombreux essais successifs. Il permet d'embrasser d'un seul coup d'œil tous les renseignements concernant un niveau ou un groupe de niveaux. Il permet également de comparer une même rubrique, granulométrie par exemple, tout au long de la série paléozoïque. Enfin il pourra peut-être servir à inspirer, au départ, la présentation d'autres études systématiques.

Pour donner une idée de l'utilisation de tels tableaux, ouvrons par exemple le Tableau stratigraphique IV (Gotlandien) : on pourra constater au premier regard, de façon statistique, l'absence des clastiques dans cet étage, et au contraire l'abondance des constituants organiques et chimiques. On y verra également que la limite entre les niveaux 20 et 21 correspond à la brusque apparition des débris de Crinoïdes dans les roches et à la disparition des Brachiopodes, et que par contre pas un seul débris de Trilobite n'a été observé dans toute la formation.

PREMIÈRE PARTIE

LE CAMBRO-ORDOVICIEN

CHAPITRE I

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE

Il est convenu, au Sahara, de grouper sous le terme de Cambro-Ordovicien l'ensemble des terrains dolomitiques, schisteux et surtout gréseux qui se trouvent, apparemment en concordance, sous le Gotlandien transgressif daté. Si rien jusqu'ici n'autorise à modifier ce terme consacré par l'usage, rien non plus ne permet d'affirmer, avec certitude, la présence dans le Zemmour des deux systèmes. Les seuls fossiles vraiment déterminables donnent un âge nettement Cambrien. C'est pourquoi, par la suite, ce terme sera toujours utilisé entre guillemets et des noms de séries locales lui seront généralement préférés.

On pourra voir dans cette étude que la série du « Cambro-Ordovicien », d'apparence extrêmement simple au premier abord, est en réalité plus complexe. Aussi pour l'analyser, de nombreuses coupes détaillées seront-elles nécessaires. L'examen de telles coupes peut paraître fastidieux, mais il reste indispensable à la démonstration.

On abordera successivement :

- A. — La série « classique » telle qu'on peut l'imaginer après une étude rapide.
- B. — La description détaillée des coupes, nécessaire à l'étude stratigraphique.
- C. — L'essai de corrélation entre ces différentes coupes.
- D. — La mise en évidence dans le système « cambro-ordovicien » de deux séries séparées par une discordance cartographique.
- E. — La mise en évidence de nouveaux termes au sommet de la première série (série de l'Oumat el Ham).
- F. — L'étude succincte des faciès puissants du « Cambro-Ordovicien » de l'Ouest.

A. — LA SÉRIE « CLASSIQUE » « CAMBRO-ORDOVICIENNE » DU ZEMMOUR

Le « Cambro-Ordovicien » du Zemmour a été peu étudié jusqu'à ce jour. F. JACQUET, en 1936, est le premier à mentionner, dans ses carnets de route n° 23-24, plusieurs coupes depuis El Rgheoua jusqu'à El Thlethyate (N. MENCHIKOFF et M. NICKLÈS, 1942). La fin tragique de cet auteur ne lui a malheureusement pas permis d'achever son travail et, de plus, il semble avoir fait des erreurs de toponymie (confusion en particulier entre l'Oumat Chaggag et l'Oumat el Ham). Aussi est-il difficile de tirer parti de ses coupes. De plus, dans ses carnets, il a souvent cartographié le sommet des grès « cambro-ordoviciens » des Oumat en Crétacé en raison de leur allure tabulaire. Sa plus intéressante découverte est celle des bancs de dolomies à Stromatolithes d'El Thlethyate.

R. FURON (1950, p. 102), se référant également aux carnets de F. JACQUET, considère que le Cambrien schisto-calcaire à Stromatolithes, totalement absent du flanc sud du synclinal de Tindouf, apparaît à El Thlethyate. Il donne la coupe suivante, de haut en bas :

- 14 — Grès verts massifs
- 13 — Grès psammitiques
- 12 — Grès blancs
- 11 — Psammites verts
- 10 — Conglomérat
- 9 — Grès verts en plaquettes
- 8 — Grès grossiers
- 7 — Grès à patine rousse
- 6 — Conglomérat à galets de quartz
- 5 — Calcaire roux à Stromatolithes
- 4 — Calcaire à quartz bipyramidés
- 3 — Calcaire roux à dendrites
- 2 — Quartzite roux
- 1 — Calcaires roses et verts à patine bleutée.

« Il ne fait aucun doute que l'Ordovicien débute avec le conglomérat 6 » écrit-il. C'est là une interprétation plausible, mais bien rapide puisqu'elle est basée uniquement sur des analogies de faciès (1).

Depuis, G. CHOUBERT a fait une rapide tournée au Zemmour; sans en donner de coupe précise, il aboutit toutefois à certaines conclusions. Pour lui (1951, p. 35; 1952a, p. 110), la série est uniquement ordovicienne. Il n'y a pas de conglomérat de base et la série repose directement sur le Précambrien par une transgression rapide; elle est constituée par « des schistes verts couronnés de quartzite dans la chaîne des Oumat ».

Après un bref itinéraire, j'ai donné du « Cambro-Ordovicien » un premier aperçu (J. SOUGY, 1951) reflétant bien l'idée qu'on peut se faire de ce système après une étude trop succincte : c'est une série assez variable, d'une centaine de mètres de puissance, comportant à la base des grès grossiers, puis au moins une soixantaine de mètres de psammites schisteux verts azoïques, un poudingue plus ou moins ferrugineux, enfin des grès et quartzites de 10 à 50 m de puissance. Conditionnée par cette stratigraphie, la topographie est caractérisée par un talus de « schistes » verts couronné par une falaise verticale de grès.

En résumé on a toujours considéré jusqu'à maintenant le « Cambro-Ordovicien » du Zemmour comme essentiellement composé d'un terme schisteux surmonté d'un terme gréseux. F. JACQUET a signalé dans la partie sud des bancs à Stromatolithes, certains dévoniens (N. MENCHIKOFF et M. NICKLÈS, 1942, p. 60), d'autres indubitablement « cambro-ordoviciens » puisqu'ils sont situés à la base de la coupe d'El Thlethyate. De là, résumée dans la fig. 9, l'idée synthétique qu'on pouvait se faire ces dernières années de la stratigraphie du système « cambro-ordovicien » dans le Zemmour.

(1) D'ailleurs dans un ouvrage plus récent, R. FURON (1958, p. 131) renonce à cette interprétation et adopte celle que j'ai proposée récemment (R. DARS et J. SOUGY, 1957) et qui est développée plus loin.

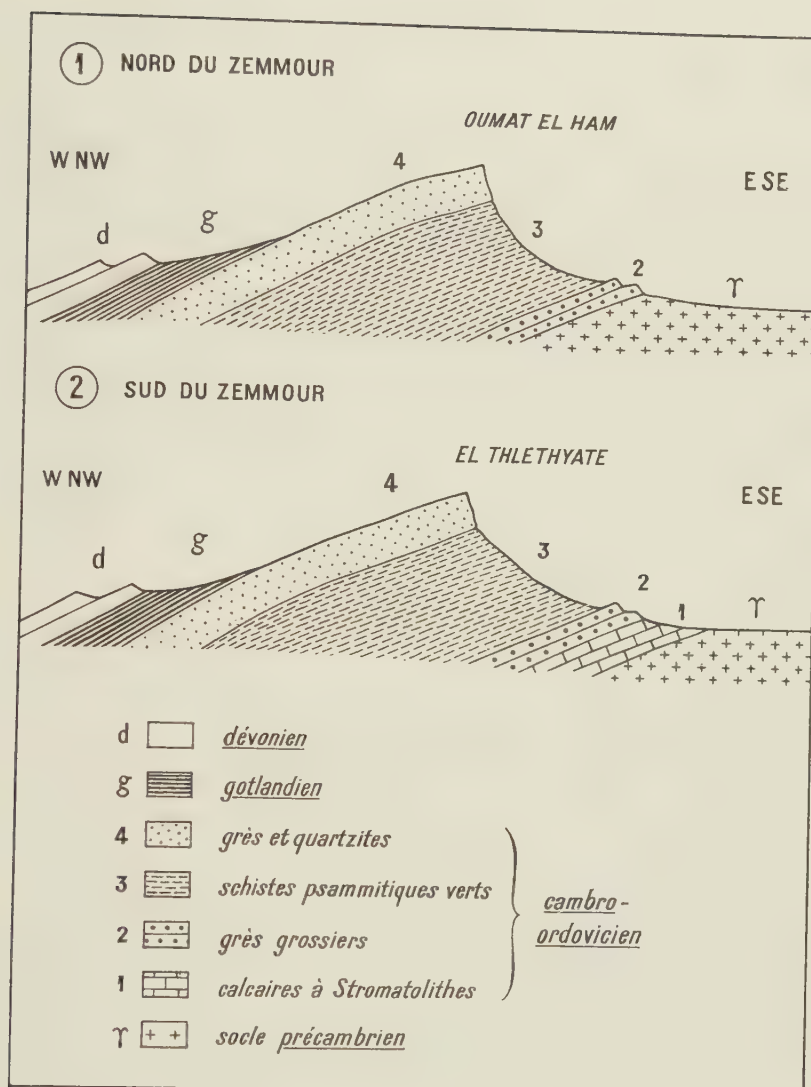


FIGURE 9. — Schéma classique du Cambro-Ordovicien » du Zemmour

B. — ÉTUDE DESCRIPTIVE DES COUPES DE DÉTAIL

Le système « cambro-ordovicien » est caractérisé par sa grande variabilité. Lorsqu'on fait des coupes, même très rapprochées, on est surpris de voir, au premier abord, comme il est difficile d'établir des corrélations entre les différents niveaux. Ce n'est qu'après de nombreux tâtonnements qu'il a été possible d'établir un ensemble cohérent de niveaux, dont certains d'ailleurs manquent localement. On verra plus loin que ces lacunes peuvent s'expliquer et qu'elles sont dues à plusieurs causes différentes.

C'est pourquoi l'étude comportera d'abord une suite de coupes détaillées, toutes relevées le long de la bordure orientale du bassin, en allant du Sud vers le Nord, depuis El Thlethyate jusqu'à El Rgheoua. Ces coupes ont pour but de préciser dans le détail les variations de la stratigraphie du « Cambro-Ordovicien » dans toute la zone française du Zemmour. Les événements militaires n'ont malheureusement pas permis de faire le même travail à l'Ouest dans la chaîne de Dhlou où réapparaît, à la frontière du Sahara espagnol, un « Cambro-Ordovicien » à faciès beaucoup plus épais.

On étudiera successivement les coupes suivantes :

- 1° *Coupe d'El Thlethyate* (Sahara espagnol) (Coupe A).
- 2° *Coupes d'Aghachan el Akhdhar*
 - coupe sud, B₁
 - coupe de l'extrémité sud, B₂
 - coupe nord, B₃.
- 3° *Coupes de l'Oumat Chaggag*
 - coupe du guelb central-est (grotte de la Vache), C₁
 - coupe d'une butte-témoin au NE du massif, C₂.
- 4° *Coupes de l'Oumat el Ham*
 - coupe du massif sud, branche nord-ouest, D₁.
- 5° *Coupe des Gour Lemdeïlbeh* (coupe E₁).
- 6° *Coupe du flanc est de Gara Bouya Ali* (coupe F₁).
- 7° *Coupes d'El Rgheoua* (d'après F. JACQUET) (coupes G₁ et G₂).

Ces coupes seront représentées de haut en bas, sous forme de tableaux, tous semblables, comportant :

- une colonne pour le numéro d'ordre des niveaux,
- une colonne pour la puissance des niveaux,
- une colonne pour le numéro de référence aux zones distinguées dans la coupe synthétique (1),
- une colonne pour la description géologique des niveaux,
- une colonne pour le numéro des échantillons prélevés et conservés dans la collection générale du Service géologique de Dakar (2).

1° *Coupe d'El Thlethyate* (Sahara espagnol) (Coupe A)

Cette coupe, située au Sahara espagnol à l'Ouest de l'Oued Timellouza, a déjà été relevée par F. JACQUET le 21 mars 1936 (Carnet de route n° 23, p. 51). Elle a été refaite en détail afin d'avoir

(1) La coupe synthétique établie plus loin comporte des zones ou des niveaux qui sont affectés d'un numéro d'ordre. Ce sont ces numéros que l'on retrouve dans la troisième colonne. Ils ne pourront être justifiés qu'après l'étude complète du « Cambro-Ordovicien ». Le lecteur, revenant en arrière, pourra ainsi appliquer la coupe synthétique aux données particulières des coupes de détail.

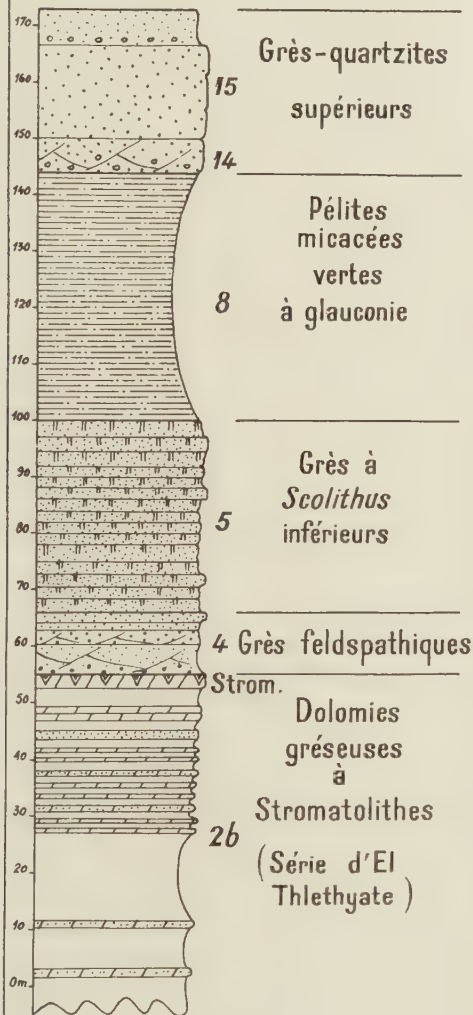
(2) Contrairement à un usage assez fréquent, les numéros des échantillons sont également donnés pour qu'on puisse éventuellement s'y référer.

un jalon précis le plus au Sud possible. La base de la coupe et en particulier le contact avec le socle, sont masqués par des recouvrements quaternaires (terrasses anciennes) (fig. 10).

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe A : Description des niveaux	Ech.
39	env. 6 m	15	Grès-quartzite blanc identique au n° 37.	
38	env. 2 m	15	Passée conglomératique et ferrugineuse.	
37	env. 16 m	15	Grès-quartzites blancs massifs plus fins que le n° 36, quoique encore grossiers par endroits.	
36	6 m	14	Grès argileux et ferrugineux tendre, grossier, à structure entrecroisée, conglomératique, avec galets de quartz, de quartzites, de pélites, avec des cavités plates correspondant à des galets dissous.	2099
35	éb. 12 m 8 m	8	Pélites visibles à la base d'éboulis de grès.	
34	6 m	8	Pélites micacées vertes et psammites fins, comportant des niveaux glauconieux.	
33	8 m	8	Pélite micacée argileuse vert clair.	2098
32	env. 8 m	6 ?	Eboulis de psammites vert clair, masquant des argiles probables.	
31	2 m	5	Grès blanc grossier à patine grise, à <i>Scolithus</i> , par endroit à ciment ferrugineux violet.	
30	2 m	5	Quartzite à petites cavités.	
29	7 m	5	Eboulis masquant des niveaux vus latéralement : au sommet : grès feuilletés, jaunes, tachés de rouille; à la base : grès à <i>Scolithus</i> alternant avec des grès fins tendres très micacés (psammites).	
28	env. 0,5 m	5	Grès gris jaune, calcaire, ferrugineux et micacé.	2097
27	env. 1 m	5	Grès micacés blancs à patine gris clair.	
26	4 m	5	Grès psammitiques rougeâtres en fines lamelles ferrugineuses.	
25	2 m	5	Grès blancs à <i>Scolithus</i> .	2096
24	2 m	5	Grès blancs à <i>Scolithus</i> avec petits points ferrugineux.	
23	2 m	5	Grès blancs à <i>Scolithus</i> typiques.	
22	1,5 m	5	Grès rose assez fin à points rouges, ferrugineux et légèrement calcaire.	
21	0,5 m	5	Grès en petites dalles, à patine grise.	
20	6 m	5	Grès grossier, plus fin au sommet, avec quelques bancs à <i>Scolithus</i> .	
19	2 m	5	Grès blanc tendre, comprenant une alternance de grès à <i>Scolithus</i> et de grès grossier à structure entrecroisée.	

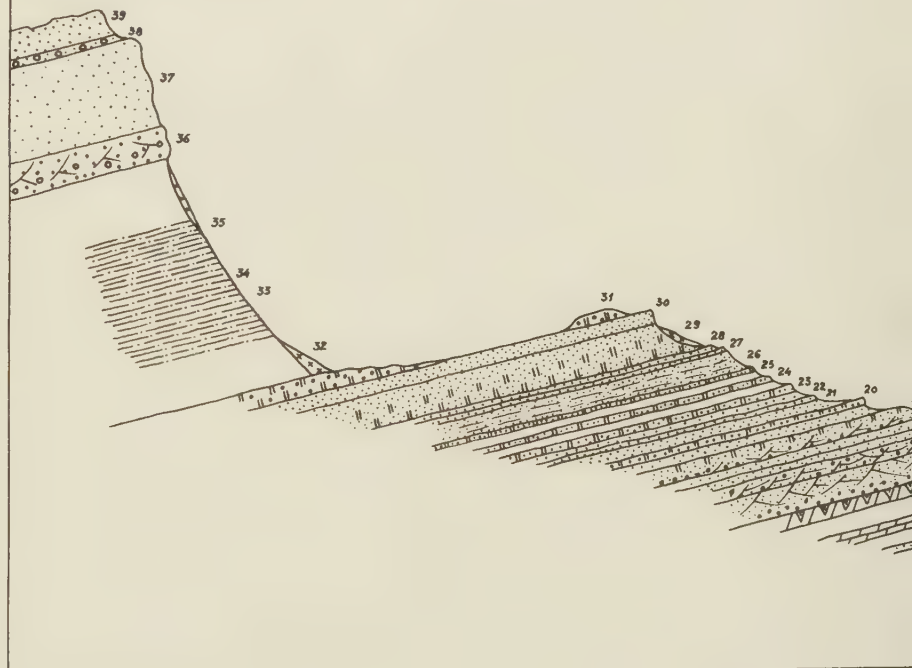
Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe A : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
18	1 m	4	Grès rose un peu calcaire, à grain fin, un peu ferrugineux et contenant des graviers plus gros; la surface présente des trous allongés.	
17	env. 3 m	4	Grès-quartzite à structure entrecroisée, à passées très grossières, conglomératiques, un peu calcaire dans les endroits les plus grossiers.	
16	4 m	4	Grès à stratification entrecroisée, irrégulier, parfois grossier, arkosique et calcaire.	
15	2 m	4	Grès grossier reposant directement, sans transition, sur les dolomies.	
14	2 m	2 b	Banc de dolomie microcristalline à beaux Stromatolithes de 10 à 20 cm de diamètre et de 1 m de hauteur, à sections toujours « fusiformes » jamais circulaires et orientées parallèlement à leurs grands axes. Ils forment des gerbes et leurs intervalles sont souvent remplis par des amas de silex.	2094
13	2 m	2 b	Belle dolomie mauve silteuse, en dalle à la base, plus grossière au sommet, où l'on devine des traces peu nettes de Stromatolithes.	2093
12	0,2 m	2 ter	Petite dalle de quartzite fin gris.	2092
11	1 m	2 b	Petit banc de dolomie bien litée, violette, à cassure violet foncé, entre des bancs mal visibles.	
10	0,2 m	2 b	Banc de dolomie mauve bien litée, légèrement calcaire.	
9		2 b	Dolomie silteuse à grain fin gris mauve, brune à la cassure.	2091
8		2 b	Dolomie mauve clair à traces douteuses de Stromatolithes.	
7	0,2 m	2 b	Petit banc de dolomie silteuse à petites taches, légèrement micacée, fine, brun rouge.	2090
6	1 m	2 b	Gros banc de dolomie légèrement silteuse à traces de Stromatolithes assez nettes (<i>Collenia</i>).	2089
5	0,2 m	2 b	Petit banc de dolomie (id. n° 4).	
4		2 b	Dolomie microcristalline à grain fin, mauve, à traces de Stromatolithes visibles surtout par l'usure différentielle des surfaces.	2088
3	0,3 m	2 b	Grès dolomitique légèrement feldspathique à grain très fin, brun jaune, en dalle.	2087
2	0,3 m	2 b	Grès dolomitique feldspathique bleu ciel à passées de dolomie gréseuse et à nodules de dolomie fine, très semblable à ceux d'Aghachan el Akhdhar; pendage de quelques degrés vers l'Est, nul dans la direction de la coupe.	2086
1			Terrasse ancienne à galets de grès-quartzite enrobés de croûtes de calcaire rose.	

Coupe (A) : Coupe du "

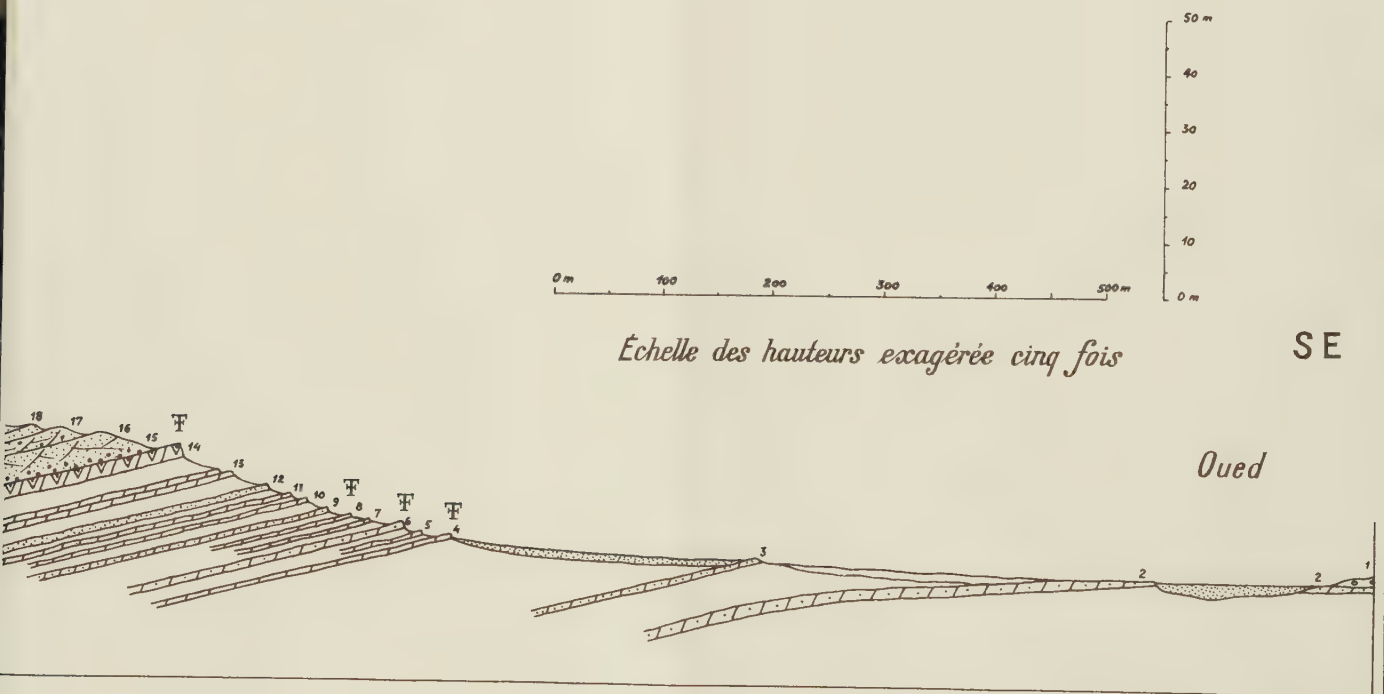


NW

EL THLETHYATE



Cambro-Ordovicien" d'El Thlethyate (*Sahara espagnol*)



Le pendage étant variable, il est difficile d'apprécier l'épaisseur des dolomies visibles. Il y en a peut-être au total une cinquantaine de mètres. De plus, comme on ne voit pas le contact avec le granite, il est impossible de préciser leur puissance totale.

Cette coupe montre que dans le Sud du Zemmour les dolomies à Stromatolithes sont bien développées; elle peut se schématiser de la façon suivante :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe A : Description des niveaux
36-39	30 m	14 + 15	Grès-quartzites irréguliers, conglomératiques à la base.
32-35	42 m	6? + 8	Pélites et psammites à glauconie.
19-31	33 m	5	Grès et grès-quartzites à <i>Scolithus</i> .
15-18	10 m	4	Grès feldspathiques grossiers à stratification entrecroisée.
2-14	52 m ?	2	Dolomies à Stromatolithes alternant avec des grès dolomitiques et de rares quartzites.

Il faut noter que les pélites à glauconie n'ont ici qu'une puissance d'une quarantaine de mètres. Ce qui fait au total une série d'environ 170 m pour l'ensemble du « Cambro-Ordovicien ».

2° Coupes d'Aghachan el Akhdhar

(Coupes B₁, B₂ et B₃)

Aghachan el Akhdhar est une petite butte témoin située à 4 km au SE de Bir Aïdiat. Elle est très intéressante, car elle montre la terminaison en biseau, vers le Nord, des calcaires dolomitiques d'El Thlethyate : dans la partie sud de la butte, ces calcaires affleurent encore, alors que dans la partie nord, ils sont totalement absents.

Nous étudierons successivement trois coupes :

- B₁ : coupe d'ensemble du Sud du « guelb »
- B₂ : coupe détaillée de l'extrémité sud
- B₃ : coupe de la partie centrale.

a) Coupe de la partie sud d'Aghachan el Akhdhar

(Coupe B₁)

La situation exacte de cette coupe est précisée sur le croquis de position de la fig. 11.

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₁ : Description des niveaux	Ech.
18	env. 1 m	15	Quartzite blanc ou gris rose à grain fin.	2047
17	env. 4 m	15 bis	Grès quartzeux et sériciteux un peu calcaire, jaune ocre, à taches de limonite.	2046
16	env. 3 m	15 bis	Grès légèrement calcaire ocreux, presque un sable, tigré, surmonté de quartzite dont les grains peuvent atteindre jusqu'à 4 mm de diamètre.	

Coupe (B₁) : Coupe du "Cambro-Ordovicien" de la partie sud d'Aghachan el Akhdhar

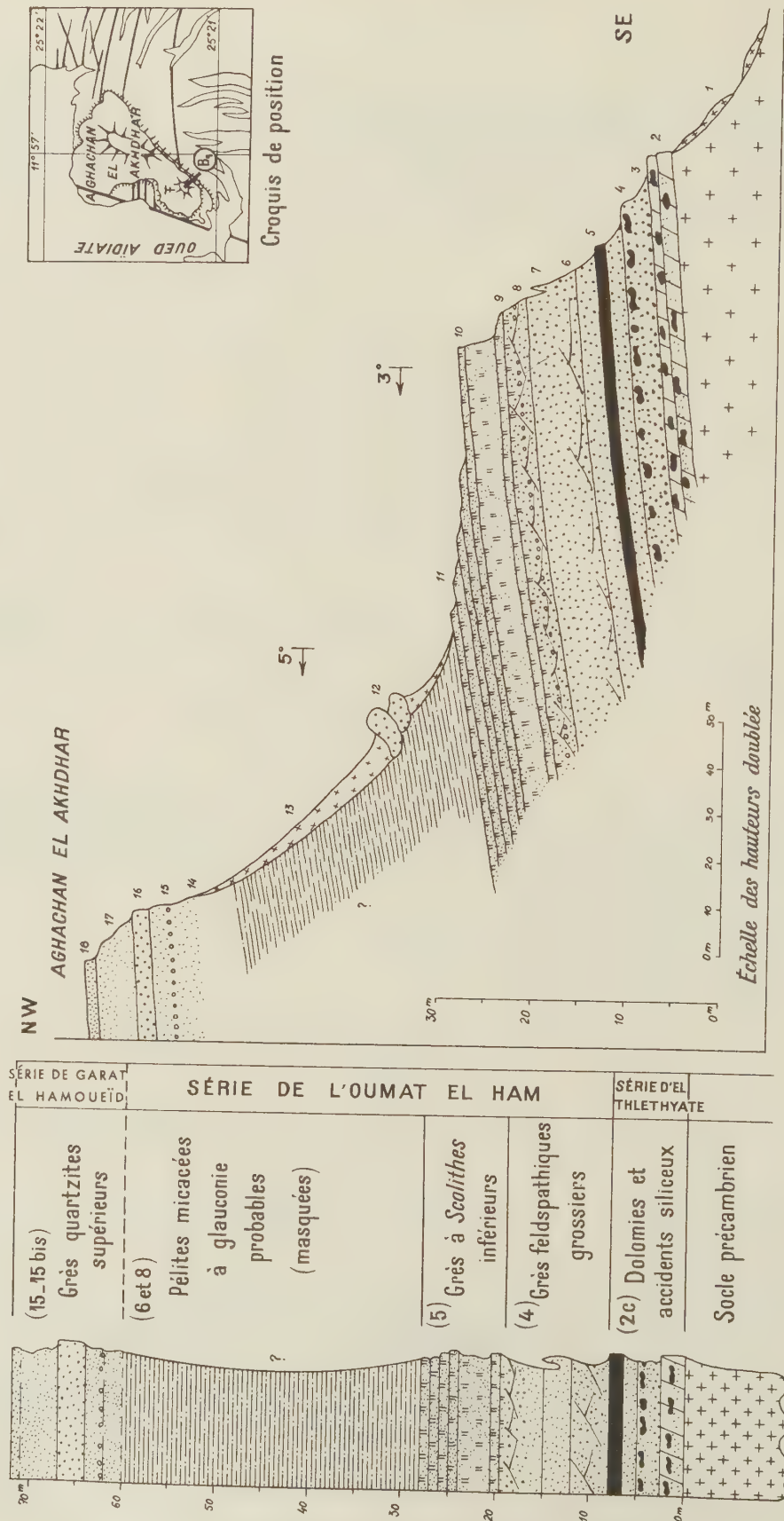


FIGURE 11

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₁ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
15	env. 2 m	15 bis	Grès légèrement calcaire contenant une passée de grès très grossier, conglomératique, à petits galets de quartz.	
14	env. 2 m	15	Grès un peu calcaire et ferrugineux, assez irrégulier, à cassure blanc rosâtre.	
13	22 m	?	Talus d'éboulis de grès-quartzite et de grès tendre jaune ocre.	
12	10 m	?	Gros éboulis; quartzite à patine brune ne semblant pas en place dans le talus.	
11	env. 4 m	5	Grès un peu calcaire à <i>Scolithus</i> (derniers bancs visibles).	
10	3 m	5	Grès à ciment un peu calcaire à <i>Scolithus</i> .	
9	2 m	5	Première apparition des <i>Scolithus</i> dans la partie supérieure de grès un peu calcaires, à stratification entrecroisée, comportant un petit niveau de poudingue à galets de quartz atteignant 2 cm, à ciment de grès feldspathique, riche en zircon.	2045
	2 m	4		
8	2 m	4	Grès un peu calcaire assez grossier, plus induré que le niveau 7, à stratification entrecroisée, blanc.	
7	env. 3 m	4	Grès grossier feldspathique à ciment calcaro-argileux, blanc, se terminant au sommet par des bancs bariolés rouges et blancs, à érosion en colonnes (aspect ruini-forme).	
6	env. 4 m	4	Grès grossier feldspathique à ciment toujours légèrement calcaire, à grains de dimension variable pouvant atteindre 8 mm, très roulés; roche claire avec des passées rougeâtres, à stratification un peu entrecroisée.	
5	env. 1,5 m	2 ^{IV}	Banc de chert vert clair reposant sur des grès calcaires.	2044
4	env. 1,5 m	2 ^{IV}	Grès-quartzite feldspathique jaunâtre, légèrement calcaire et sériciteux, (plus quartzitique qu'au niveau 3) avec des rognons de chert de remplacement.	
3	env. 2,5 m	2 ^{ter}	Grès irrégulier, grossier, à la base surtout, à ciment légèrement calcaire blanc.	
2	2,5 m	2c	Banc de dolomie avec concrétions de chert et passées de grès dolomitique.	
1	10 m		Eboulis masquant le granite et le contact.	

L'intérêt de la coupe du Sud d'Aghachan el Akhdhar est de montrer la réduction très nette de puissance des dolomies par rapport à celles d'El Thlethyate et l'importance accrue, dans celles-ci, des interstratifications de bancs gréseux et de cherts. Les bancs de grès à *Scolithes* restent toujours bien développés. La partie supérieure de la coupe, sauf les grès et quartzites du sommet, est masquée par des éboulis et le talus correspond probablement pour une grande part au niveau des pélites à glauconie.

L'ensemble de cette coupe peut se résumer dans le tableau suivant :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₁ : Description des niveaux
14-18	12 m	15-15 bis	Quartzites et grès variés.
12-13	32 m max.	6 et 8	Zone masquée, probablement argiles à la base et pélites à glauconie au sommet.
9-11	9 m min.	5	Grès à <i>Scolithus</i> .
6-9	11 m	4	Grès feldspathiques grossiers bigarrés.
3-5	5,5 m	2 ter-2^{IV}	Chert en banc et en nodules dans des grès.
2	2,5 m	2 c	Calcaire dolomitique gréseux à concrétions de chert.
1	10 m		Socle granitique non visible mais proche (éboulis de granite).

b) Coupe de l'extrémité sud d'Aghachan el Akhdhar
(Coupe B₂)

Une coupe N-S à l'extrémité sud d'Aghachan el Akhdhar permet de mieux détailler la base de la série, depuis les calcaires dolomitiques jusqu'aux grès à *Scolithes*. La coupe et sa position exacte sont représentées sur la fig. 12.

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₂ : Description des niveaux	Ech.
20	3 m visibles	5	Grès à <i>Scolithus</i> .	
19	3 m env.	4	Grès feldspathiques à colonnes (diamètre de 10 à 50 cm), dues à l'érosion qui façonne des sortes de piliers. Ces colonnes n'ont rien à voir avec les <i>Scolithes</i> .	
18	7 m env.	4	Grès feldspathiques très peu consolidés, grossiers, à stratification entrecroisée, en bancs de 10 à 30 cm dont la tranche est arrondie par l'érosion.	
17	3 m	4	Grès blanc grossier, à stratification entrecroisée, un peu consolidé, et à petits nodules ferrugineux.	
16	0,1 m	4	Grès tendre très légèrement calcaire.	
15	0,5 m	3	Dolomie calcaire mauve à grain très fin, légèrement silteuse, en plaquettes passant au sommet à une dolomie calcaire en minces plaquettes, mauve également à la patine, mais rose orangé en section.	2052
14	0,4 m	3 bis et 3	Couche de dolomie gréseuse à la base, de dolomie à <i>Stromatolithes</i> au milieu, passant au sommet à des lits de chert assez continus, de 2 cm de puissance.	2052 bis
13	0,5 m env.	3	Grès grossier tendre carbonaté.	
12	1 m env.	3	Dolomie gréseuse, mauve, à patine noire.	

Coupe (B₂) : Coupe de la base du "Cambro-Ordovicien" de l'extrémité sud d'Aghachan el Akhdhar

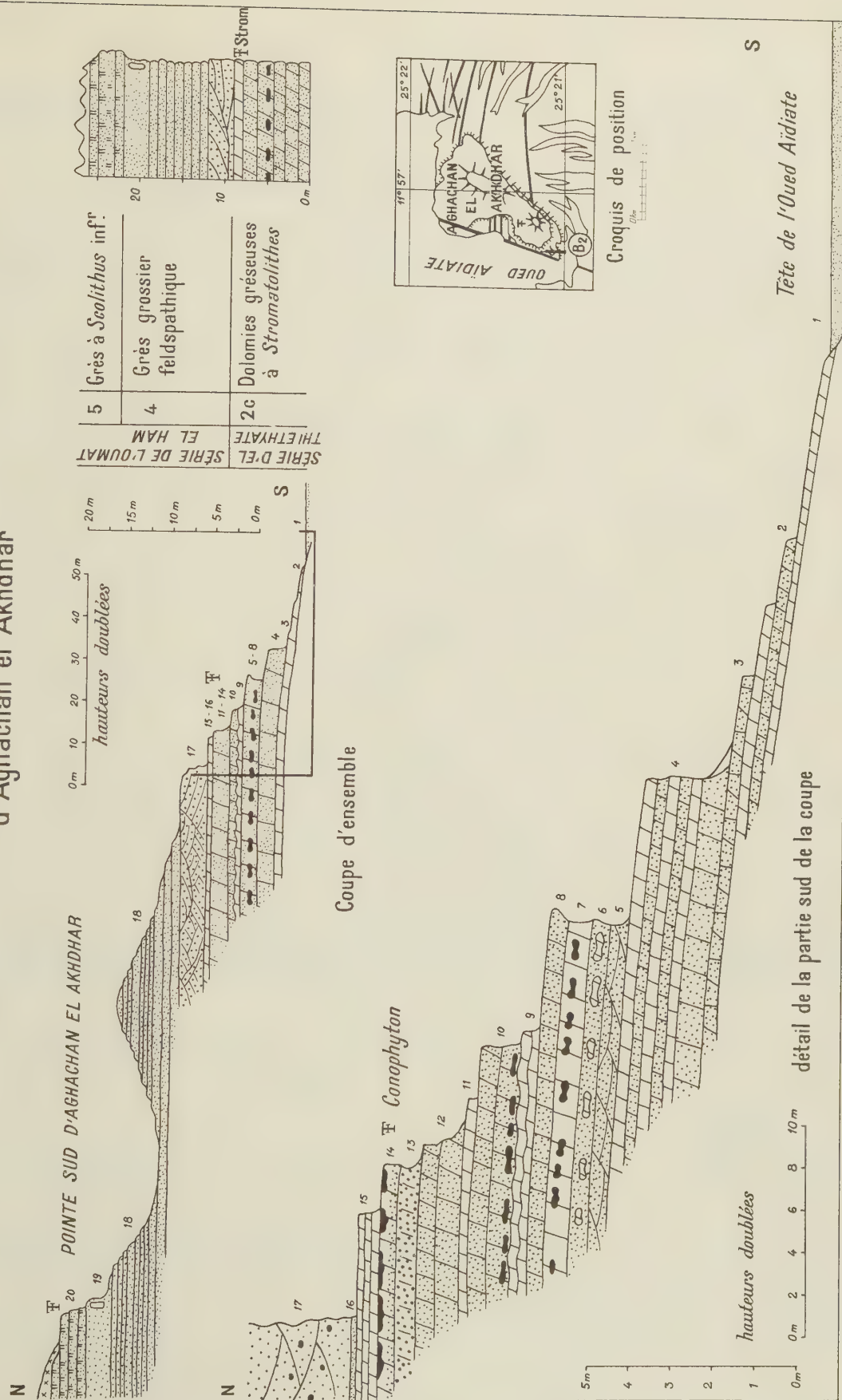


FIGURE 12

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₂ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
11	0,2 m env.	3	Bancs de grès dolomitique passant au sommet à des dolomies.	
10	1 m env.	3 et 3 bis	Bancs de grès dolomitique mauve, avec à la base des rognons de chert (id. éch. 2050).	
9	0,4 m env.	3	Banc sinueux de dolomie mauve.	
8	0,4 m	3	Banc constitué d'une fine alternance de lits de dolomie gréseuse et de grès dolomitique.	2051
7	0,6 m	3 et 3 bis	Dolomie mauve ou brun jaune à gros nodules de dolomie silicifiée alignés à sections verticales en forme de « semelles »; donne, sous le choc du marteau, la fumée caractéristique des dolomies.	2050
6	0,4 m	3	Grès contenant des lentilles de dolomie mauve.	
5	0,5 m	3	Grès à stratification entrecroisée, à ciment très dolomitique, mal consolidé.	
4	2 m	2c	Alternance de grès grossiers à ciment dolomitique et de dolomie gréseuse mauve, d'aspect rubané, en bancs de 20 à 40 cm de puissance.	
3	0,3 m	2c	Banc de dolomie calcaire fortement gréseuse feldspathique brun violacé à concrétions et lentille de dolomie fine bleue.	2049
2	0,7 m	2c	Trois bancs de 20 cm de dolomie mauve à rognons de silex et passées de grès dolomitique. Ces roches, très difficiles à casser, sont jaunes à la cassure et mauves à la patine.	2048
1			Alluvions roses d'origine granitique mais pouvant avoir été apportées par l'oued.	

Cette coupe de détail est intéressante car elle a permis de retrouver à l'extrême Sud d'Aghachan el Akhdhar 9 m de dolomies et de dolomies gréseuses affleurant bien, avec là encore un banc à Stromatolithes situé juste au-dessous des grès feldspathiques. Elle peut se résumer comme suit :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₂ : Description des niveaux
20	3 m visibles	5	Grès à <i>Scolithus</i> .
19-16	13 m	4	Grès feldspathiques grossiers bigarrés, à stratification entrecroisée à la base.
15-2	9 m	2 c	Dolomies, dolomies gréseuses et grès dolomitiques, à Stromatolithes, avec accidents siliceux (cherts).
1			Socle granitique.

On notera que, par rapport à El Thlethyate, les dolomies sont beaucoup plus riches en passées gréseuses : grès dolomitiques et dolomies gréseuses.

c) Coupe de la partie centrale d'Aghachan el Akhdhar
(Coupe B₃)

A 600 m plus au Nord, une coupe du NW au SE passant au centre de la butte témoin d'Aghachan el Akhdhar montre une coupe nettement différente, dont les calcaires dolomitiques ont complètement disparu (fig. 13).

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₃ : Description des niveaux	Ech.
12			Alluvions.	
11	1 m visible	18	Calcaires bleu noir, à odeur fétide, à Orthocères du Gotlandien.	
10	0,4 m	15 bis	Grès contenant des graviers de 6 à 8 mm de diamètre, de même nature que le n° 9.	
9	15 m	15	Grès-quartzite identique au n° 7.	
8	32 m env.	?	Eboulis de quartzite masquant complètement la coupe.	
7			Grès-quartzite à grain fin, à cassure blanche, à stratification entrecroisée, irrégulier, à patine gris clair; semble glissé du sommet.	
6	6 m	6	Argiles vertes plus ou moins micacées, recouvertes d'éboulis, visibles depuis leur base sur une puissance de 6 m, fossilifères, à <i>Lingulella</i> cf. <i>fuchsi</i> REDLICH, <i>Neobolus</i> cf. <i>warthi</i> WAAGEN, <i>Acrothele spinulosa</i> POULSEN, <i>Acrothele sougyi</i> POULSEN (*).	2025
5			Enormes éboulis de quartzite blanc, à patine grise, massif, semblant provenir du sommet de la butte.	
4	7 m env.	5	Bancs de grès à <i>Scolithus</i> ; au sommet très beaux Scolithes; à la base, le grès peut conserver une certaine stratification entrecroisée, comme les niveaux inférieurs.	
3	8 m	4	Grès grossier à stratification entrecroisée, avec certains lits de graviers blancs de quartz bien roulés de 1 cm de diamètre, certains lits au contraire à grain plus fin.	
2	2 m	4	Grès feldspathique grossier blanc.	
1	15 m		Granite rouge du socle recoupé de filons formant des éperons rocheux.	

(*) Déterminations Ch. POULSEN.

Cette coupe B₃ peut se résumer de la façon suivante :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₃ : Description des niveaux
10-9	15 m	15-15 bis	Grès et quartzites à stratification entrecroisée.
8-7	32 m	8	Pélites micacées à glauconie, probables, masquées par des éboulis.
6-5	6 m	6	Argiles vertes à <i>Acrothele</i> , <i>Neobolus</i> , <i>Lingulella</i> , etc. (gisement fossilifère principal).
4	env. 7 m	5	Grès à <i>Scolithus</i> .
3-2	10 m	4	Grès feldspathiques grossiers.
1			Socle granitique.

Grâce à cette coupe B₃, on voit que dans la partie nord de la butte, c'est-à-dire seulement 600 m plus au Nord que la coupe B₂, les 8 m de dolomies ont entièrement disparu.

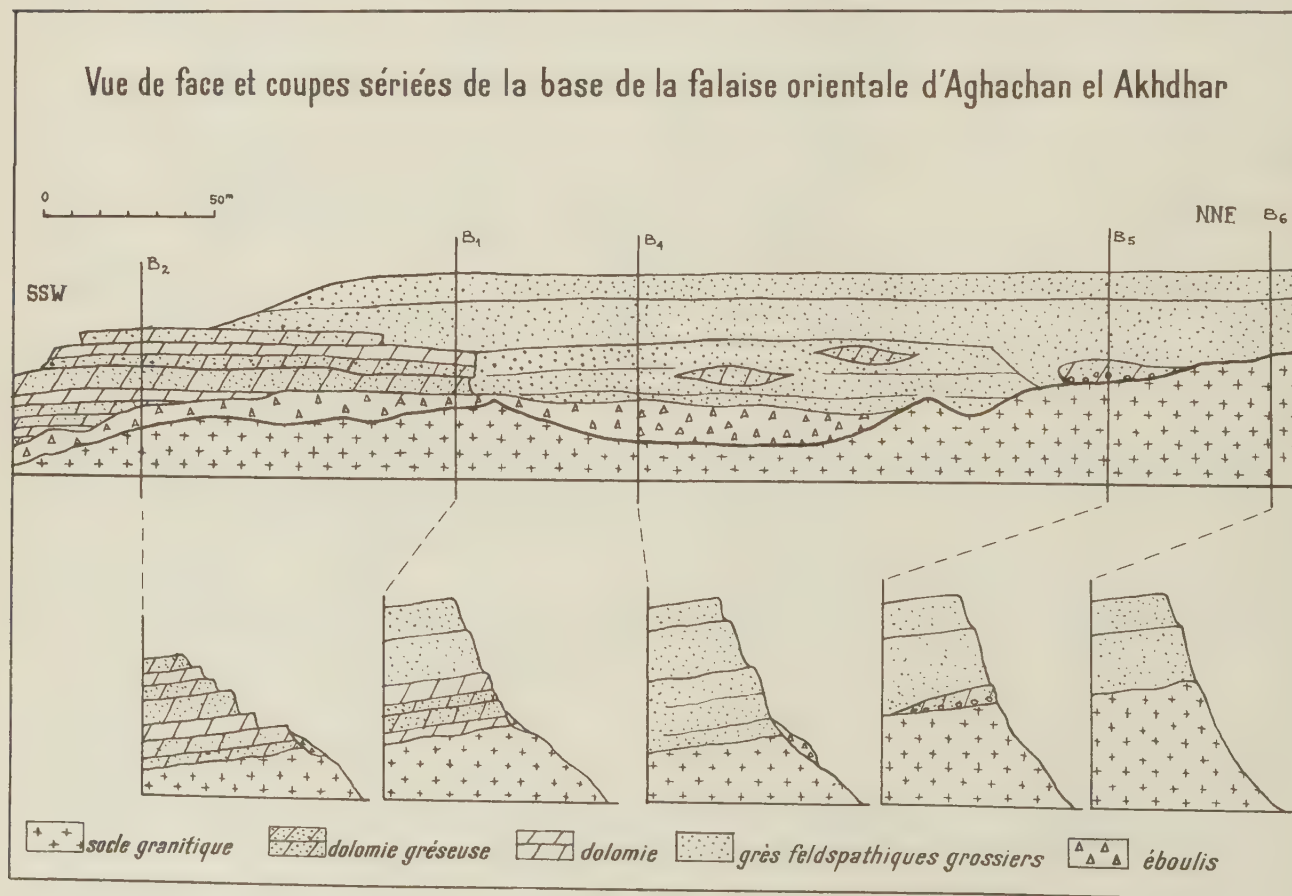
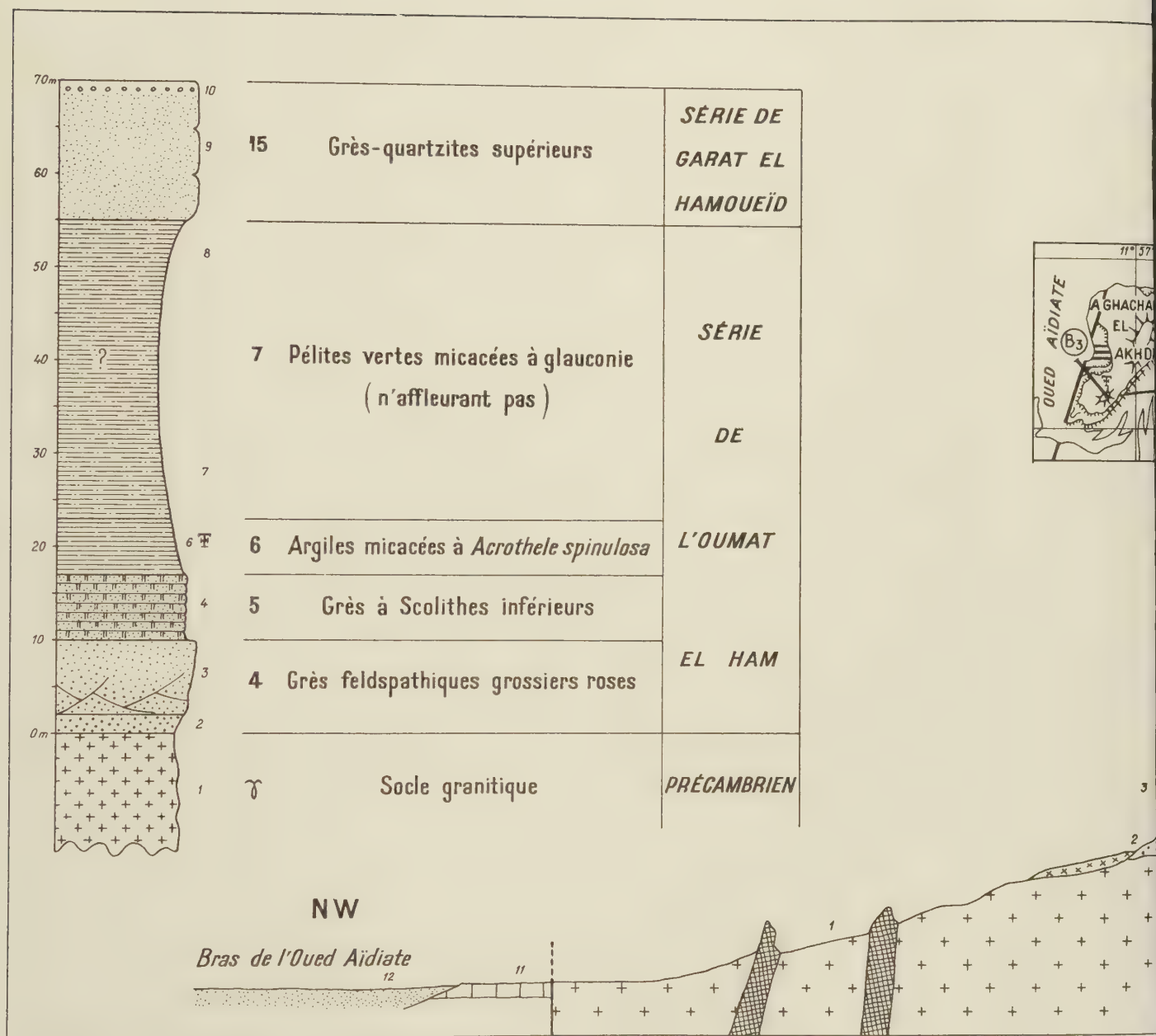
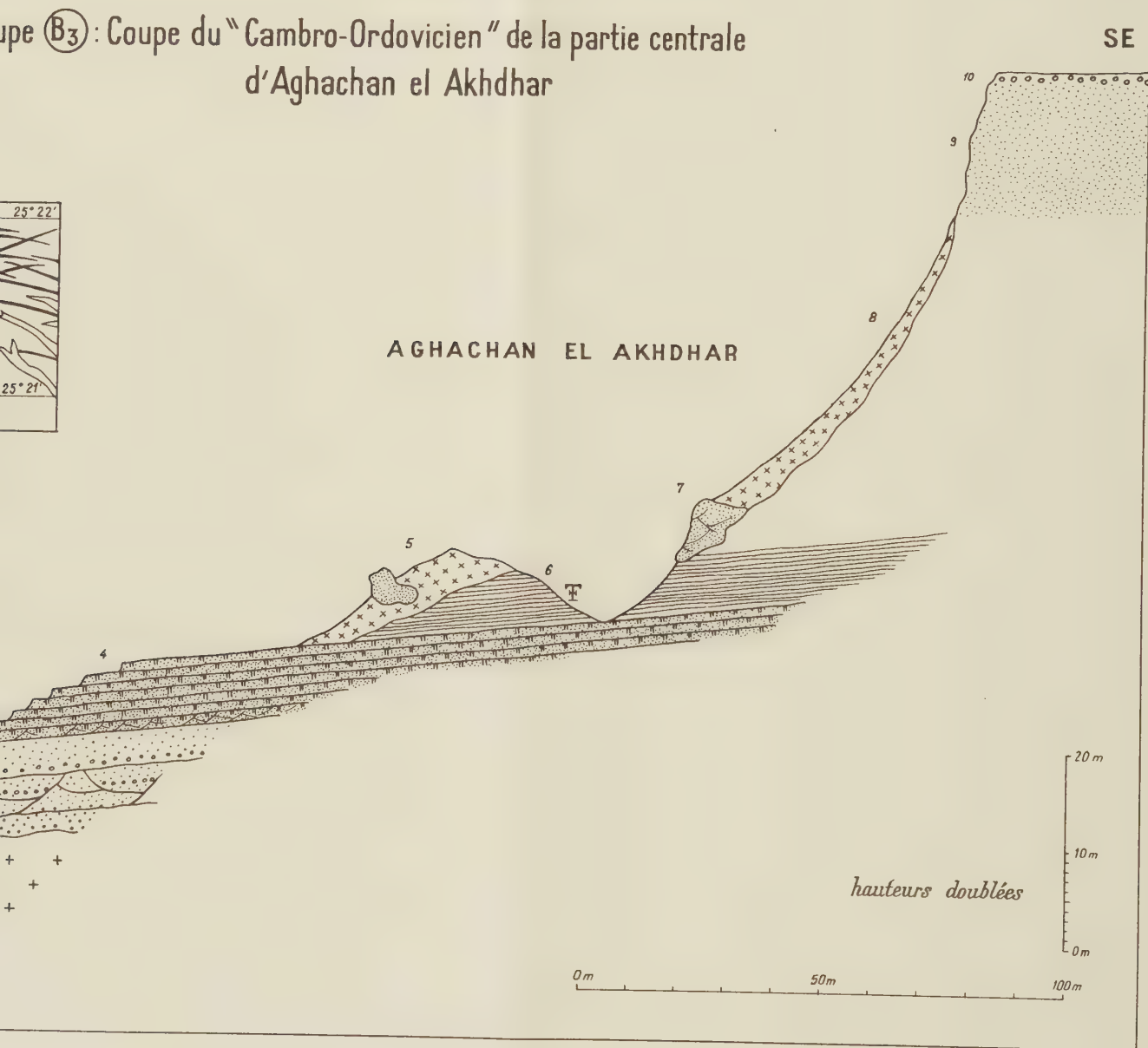


FIGURE 14



Coupe (B₃) : Coupe du "Cambro-Ordovicien" de la partie centrale
d'Aghachan el Akhdhar



Par ailleurs cette coupe a livré un beau gisement fossilifère à Brachiopodes inarticulés. C'est pour le Zemmour et d'ailleurs pour l'Afrique occidentale, le plus ancien niveau fossilifère connu jusqu'à ce jour : le niveau des argiles à *Acrothele* et *Neobolus*, situé juste au-dessus des grès à *Scolithus*.

Ainsi ces trois coupes permettent d'établir l'amenuisement des calcaires dolomitiques à *Stromatolithes* du Sud vers le Nord. Il s'avère donc intéressant de rechercher comment s'effectue dans le détail cette « terminaison en biseau », en suivant la falaise du SW vers le NE.

La fig. 14 résume les observations que l'on peut faire le long de la base de la falaise orientale d'Aghachan el Akhdhar, dans sa partie sud. On assiste du SW au NE à une diminution du nombre de bancs de dolomies et de dolomies gréseuses. Ces bancs se terminent par quelques lentilles noyées dans les grès feldspathiques. En B₄, on trouve des grès feldspathiques au même niveau que les dolomies gréseuses de B₁. Deux cents mètres plus au Nord, on ne retrouve plus, à la base des grès feldspathiques (coupe B₅) que quelques petits lambeaux de dolomies gréseuses qui sont conglomératiques, ou plutôt bréchiques, à la base (éch. 2042). Ces derniers lambeaux ne dépassent pas 40 cm de puissance.

Si dans le sens est-ouest on observe un pendage de 3 à 5°, dans le sens NNE-SSW les bancs sont horizontaux (fig. 14); les bancs de dolomie diminuent en nombre par la base. La surface structurale granitique s'élève vers le Nord, ce que l'on voit bien sur les coupes sériées.

Par contre, si les grès feldspathiques recouvrent bien, par un changement de faciès brutal, les dolomies entre B₁ et B₂, la présence de lentilles de dolomie gréseuse dans la base de ces grès, entre B₄ et B₅, est assez curieuse. Il est difficile de dire s'il s'agit là de dépôts contemporains ou d'un remaniement local des dolomies par les grès.

On peut toutefois affirmer qu'au moment de cette sédimentation, le granite était à une cote plus élevée vers le Nord; ce qui explique l'absence totale des dépôts dolomitiques dans cette direction. *La mer à Stromatolithes, à sédimentation carbonatée, était bordée, au Nord, par des reliefs granitiques. Aghachan el Akhdhar représente donc un jalon de cette mer à Stromatolithes vers le NNE.*

3° Coupes de l'Oumat Chaggag

(Coupes C₁ et C₂)

Dans le massif de l'Oumat Chaggag, situé entre l'Oumat el Ham au Nord et Aghachan el Akhdhar au Sud, une dizaine de coupes ont été nécessaires pour déterminer et expliquer les extrêmes variations de faciès et de puissance des différents niveaux du « Cambro-Ordovicien ». Présenter ces coupes dès maintenant ne pourrait que nuire à la clarté de l'exposé. Seront seulement décrites ici les deux plus normales, les autres étant réservées au chapitre consacré à l'étude de la discordance « cambro-ordovicienne ».

a) Coupe du Guelb central-est de l'Oumat Chaggag (Grotte de la Vache)

(Coupe C₁)

La coupe présentée ci-dessous a été observée sur la bordure orientale du guelb central-est, en travers de la grande falaise dont le versant abrupt regarde vers l'Est (fig. 15). Près du sommet, la coupe rencontre une grotte, ou plus exactement un abri sous roche dans les grès, où se trouve une très jolie peinture rupestre néolithique représentant un bovidé à grandes cornes. C'est une des coupes les plus conformes à la stratigraphie « classique » définie plus haut (p. 66 à 67).

Coupe (C₁) : Coupe du "Cambro-Ordovicien" du
 guelb central-est de l'Oumat Chaggag (Grotte de la Vache)

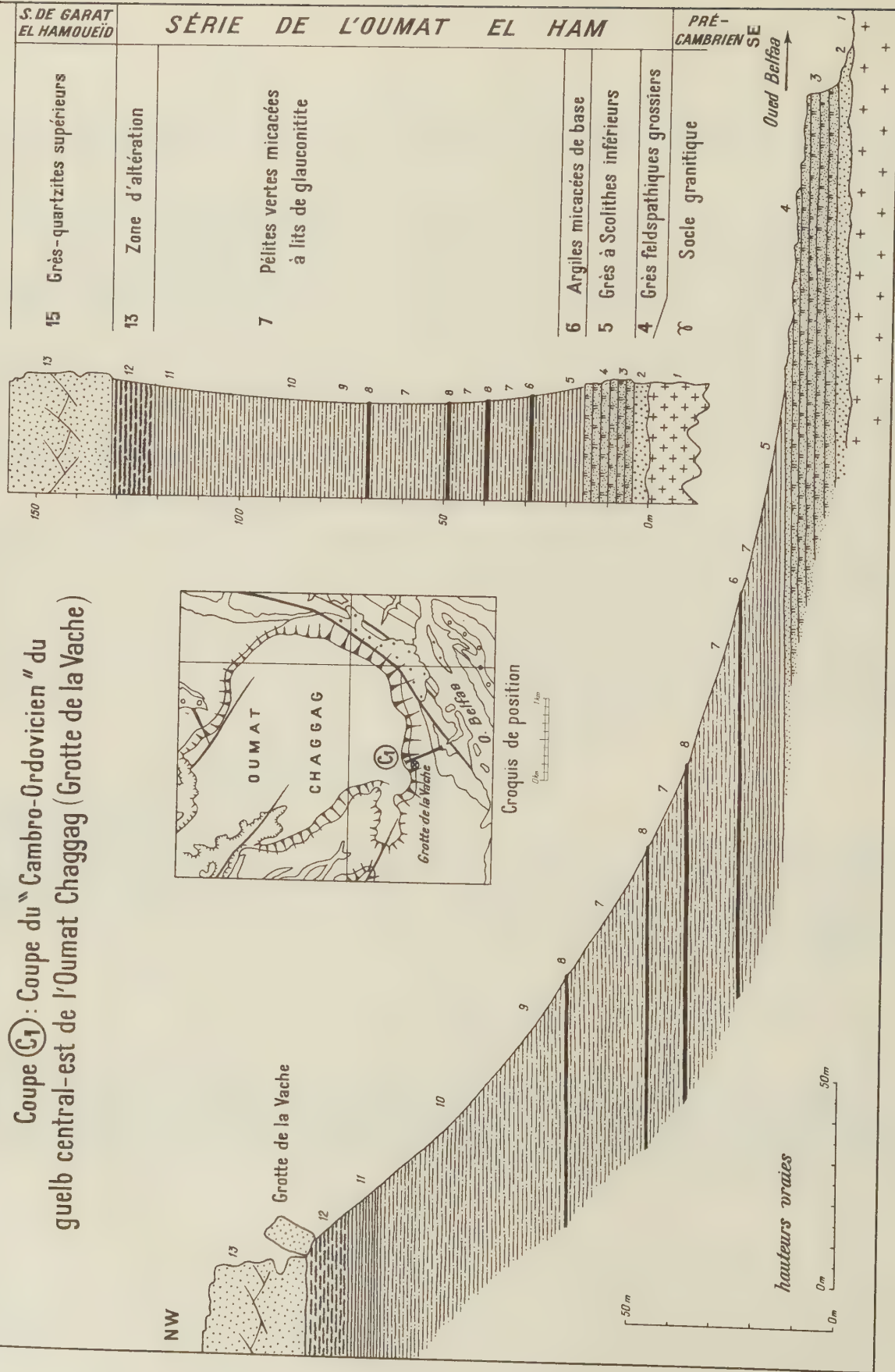


FIGURE 15

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe C ₁ : Description des niveaux	Ech.
13	25 m	15	Grès-quartzite blanc massif à patine brune, assez fin, parfois plus grossier et plus tendre, présentant une certaine orientation, avec par endroits une stratification entrecroisée. De grands blocs se détachent en avant de la falaise.	2002
12	10 m	13	Argile blanchâtre avec petits niveaux de grès violacés.	
11	8 m env.	8	Argile vert clair azoïque.	21732
10	90 m		Pélites vertes avec intercalations de quelques petits bancs gréseux de 10 cm de puissance.	
9			Pélites micacées et psammites verts s'effritant en petites plaquettes d'environ 5 mm d'épaisseur.	
8			Petits bancs de glauconitite de quelques centimètres, interstratifiés dans les pélites micacées un peu gréseuses à glauconie et à débris phosphatés de Lingulidés.	2001
7			Pélites micacées vertes en fines plaquettes.	
6			Petits bancs de glauconitite.	
5	6 m	6	Argiles vertes micacées très fines, ne semblant ni gréseuses ni silteuses.	
4	5 m	5	Grès à patine grise, à grain assez grossier, peut-être plus quartzitique que le niveau 3.	
3	7 m	5	Grès quartzeux à <i>Scolithus</i> , à patine grise, à grain assez grossier, en dalles bien régulières de 0,10 à 0,30 m, légèrement calcaire, formant une petite corniche.	
2	2 à 4 m	4	Grès feldspathiques grossiers roses, un peu calcaires, avec quelques petits galets de quartz laiteux et des lits moins feldspathiques, blancs, à stratification entrecroisée.	
1			Granite rouge calco-alcalin à biotite à grain moyen, du type Aïn Ben Tili.	

Cette coupe des plus classiques peut se résumer comme suit :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe C ₁ : Description des niveaux
13	25 m	15	Grès-quartzite blanc.
12	10 m	13	Argiles blanchâtres.
11-6	98 m	8	Pélites micacées vertes avec niveaux glauconieux.
5	6 m	6	Argiles vertes.
4-3	12 m	5	Grès quartzeux à <i>Scolithus</i> .
2	3 m	4	Grès feldspathiques grossiers à niveaux conglomératiques.
1			Socle granitique.

Coupe (C2) : Coupe d'une butte-témoins au Nord-Est
du massif de l'Oumat Chaggag

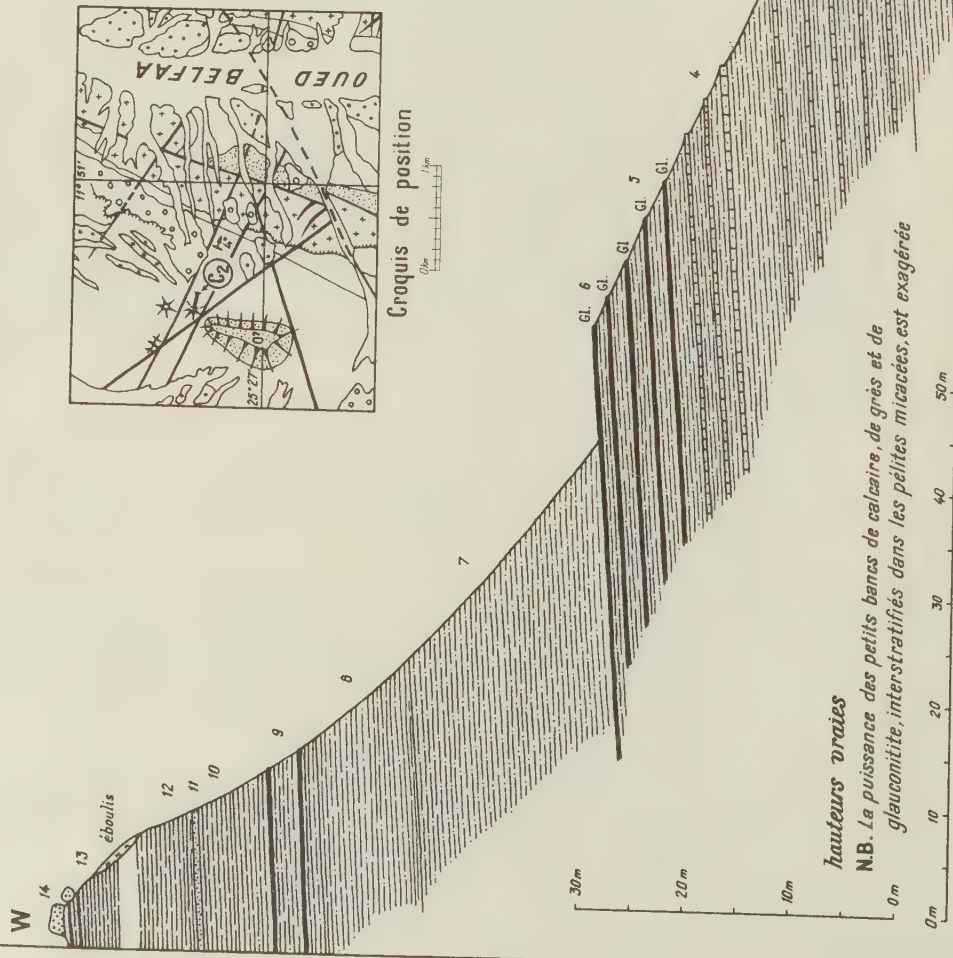


FIGURE 16

Elle présente l'habituelle trilogie :

- grès-quartzite en corniche
- argiles et psammites à glauconie en talus
- grès de base à *Scolithus* (fig. 9).

Les dolomies à Stromatolithes, comme dans la partie nord d'Aghachan el Akhdhar, sont totalement absentes; elles n'apparaîtront d'ailleurs jamais plus vers le NNE.

Par ailleurs on assiste à une diminution de la puissance des grès feldspathiques : de 10 m à El Thlethyate, ils passent à 3 m ici. L'ensemble des grès feldspathiques et des grès à *Scolithes*, difficilement dissociable, de 43 m à El Thlethyate, passe à 18 m à Aghachan el Akhdhar et à 15 m ici.

Les argiles du niveau 5 de la coupe correspondent aux argiles à *Acrothele* d'Aghachan el Akhdhar, mais le gisement fossilifère n'y a pas été retrouvé jusqu'à présent.

Les argiles et les pélites à glauconie forment un ensemble d'environ 15 m de puissance, donc nettement plus épais qu'à Aghachan el Akhdhar où, bien qu'elles soient masquées par des éboulis, on ne peut leur attribuer plus de 30 m.

Les grès-quartzites supérieurs ont au minimum 25 m. Leur contact avec les argiles sous-jacentes est masqué par les éboulis. Aucun conglomérat n'a été observé à ce niveau.

**b) Coupe d'une butte témoin au NE du massif de l'Oumat Chaggag
(Coupe C₂)**

Cette deuxième coupe a été choisie sur une butte témoin où les grès supérieurs ont été presque complètement décapés par l'érosion; ici exceptionnellement, les éboulis de grès sont rares et ne gênent pas l'observation des pélites. Cette coupe permet donc une bonne étude du niveau des pélites à glauconie (fig. 16).

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe C ₂ : Description des niveaux	Ech.
14	1,5 m	15	Eboulis de grès-quartzites, débris de grès ferrugineux et grès grossiers provenant certainement de la base des grès supérieurs.	2041
13	8 m	13	Pélite argileuse fine blanc rosâtre, avec un peu de gypse, et des bancs de limonite contenant des grains de quartz.	
12	6 m	13	Pélite argileuse blanche.	
11	0,2 m	13	Banc de grès fin ferrugineux brun rouge.	2040
10	3 m	13	Pélite micacée argileuse et sableuse blanche, devenant plus sableuse au sommet.	2039
9	8 m	13	Pélite schisteuse ferrugineuse à séricite, de couleur mauve en surface, avec des bancs d'ocre jaune et des bancs d'ocre rouge.	2038 2037
8	10 m	8	Pélites micacées avec des bancs d'argile micacée silteuse verte.	
7	19 m	8	Pélites et siltstones micacés vert clair.	
6	2 m	8	Pélite (siltstone) micacée à lits de glauconitite et à lits argileux.	2036

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe C ₂ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
5	8 m	8	Pélites vertes se débitant en fines lamelles avec des bancs très riches en glauconie.	
4	8 m	8	Quelques petits bancs de 2 à 8 cm d'épaisseur de grès micacés un peu ferrugineux dans les mêmes pélites.	
3	6 m	8 bis	Mêmes pélites micacées vertes que dans le niveau 2, dans lesquelles sont interstratifiés quelques bancs de 2 à 3 cm d'épaisseur de calcaire silteux poecilithique micacé gris jaune.	2035
2	8 m	8	Pélites vertes avec intercalations de bancs plus durs de grès micacés prenant une patine noire, de 2 à 3 cm d'épaisseur.	
1	8 m	8	Pélites micacées vertes se débitant en fines plaquettes avec traces de pistes.	

Cette coupe est presque entièrement comprise dans la formation des pélites et siltstones micacés à glauconie; la base de cette formation n'est pas visible ici, car elle est masquée par l'épandage des pélites. Toutefois les affleurements de grès à Scolithes, visibles avec un pendage analogue, à 600 m plus à l'Est, laissent à penser qu'il existe encore une épaisseur notable de pélites à glauconie masquées (de l'ordre de 40 m).

L'épaisseur visible de la formation est de 94 m, ce qui ferait au total une puissance de 130 m environ, au lieu des 44 m d'El Thlethyate et des 30 m d'Aghachan el Akhdhar. Nous verrons cependant plus loin qu'il ne faut pas voir là un simple épaissement du niveau des pélites à glauconie.

Les niveaux supérieurs de la coupe (9 à 13) sont plus fins que les niveaux inférieurs (1 à 8). Si d'après la détermination pétrographique, ce sont des pélites argileuses, sur le terrain on en fait volontiers des argiles.

Cette partie supérieure a subi une altération très marquée, indépendante de l'érosion actuelle puisque la partie inférieure est restée fraîche. Il existe un niveau ferrugineux très net juste sous les grès supérieurs, niveau qui annonce une émergence de cette partie terminale des pélites.

L'étude au microscope du grès ferrugineux du niveau 11 (éch. 2040) confirme cette idée : la ferruginisation est postérieure au dépôt du grès; la goethite remplit les fissures des grains de quartz roulés éclatés.

La partie inférieure de la coupe, entièrement dans les pélites et siltstones micacés à glauconie, montre de minces intercalations (lits de 2 à 10 cm) de grès micacé, de glauconitite et, fait notable dans le « Cambro-Ordovicien », de calcaire silteux micacé poecilithique. Toute cette partie de la formation est très régulièrement litée. Tous ces caractères, bancs bien lités, niveaux à glauconie, niveaux calcaires, concourent à établir l'origine marine de la formation.

4° Coupe de l'Oumat el Ham (Coupe D₁)

Le massif de l'Oumat el Ham est constitué par trois montagnes principales dont la méridionale est la plus importante. Cette dernière a la forme d'une croix de Saint-André. C'est dans cette montagne sud que les études de détail ont été le plus poussées, et c'est elle qui a livré les observations les plus intéressantes.

La coupe la plus classique ressemble assez à la coupe C₁ de l'Oumat Chaggag; quelques mètres de grès à Scolithes, soixante-dix mètres de pélites à glauconie et trente à soixante-dix mètres de grès supérieurs. Ici encore, la stratigraphie est, au premier abord, très déroutante. En effet en certains points, les pélites à glauconie disparaissent complètement, les grès supérieurs au contraire pouvant atteindre 150 m. Mais comme pour l'Oumat Chaggag, nous ne verrons que la coupe la plus classique; les autres, plus ou moins aberrantes, seront réservées au chapitre suivant.

Coupe du massif sud, branche nord-ouest
(Coupe D₁)

La coupe a été choisie dans le massif sud, en croix de Saint-André, de l'Oumat el Ham. Plus précisément, elle concerne le flanc sud de la branche nord-ouest de ce massif, comme le montre le croquis de position de la fig. 17.

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁ : Description des niveaux	Ech.
29	2 m env.	15 bis	Grès se désagrégeant facilement en sable comme habituellement les grès du sommet du « Cambro-Ordovicien ».	
28	0,3 m	15 bis	Conglomérat à galets de quartzite.	
27	5 m env.	15 bis	Grès-quartzite avec quelques passées grossières et à empreintes de galets dissous; ressemble assez aux grès du sommet, mais avec ici une patine plus brune.	
26	2 m env.	15 bis	Grès tendres.	
25	6 m env.	15 bis	Grès-quartzite un peu calcaire à grain fin, à cassure rose et patine brune, avec des lits de grès ocre moins consolidés.	
24	4 m env.	15 bis	Eboulis masquant probablement des niveaux ferrugineux.	
23	2 m env.	15 bis	Pélites schisteuses vert clair.	
22	2 m env.	15 bis	Pélites schisteuses ocre jaune.	
21	8 m	15 bis	Pélite schisteuse à séricite un peu gréseuse, vert clair, indurée (siltstone à séricite).	2165
20	4 m	15 bis	Grès vert clair friable, à grain assez grossier, à intercalations de lits de grès ferrugineux de quelques centimètres, devenant de plus en plus tendre vers le haut.	
19	6 m	15 bis	Grès calcaire fin plus massif que le niveau 18, s'altérant en boules et interstratifié avec des bancs plus tendres.	
18	2 m	15 bis	Grès légèrement micacé gris vert en plaquettes.	
17	6 m	15 bis	Grès calcaire rose à grain fin, se débitant en plaquettes.	
16	15 m	15	Grès-quartzite et quartzite formant avec le niveau 15 précédent une falaise dont se détachent d'énormes blocs qui délimitent ainsi des « corridors » comme dans l'Adrar (*).	

(*) Voir Th. MONOD (1952a, t. I, p. 28) pour la définition des grès du Tamga ou « grès à corridors ».

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
15	5 m	15	Grès-quartzite massif à grain assez fin, à glauconie détritique, faisant très légèrement effervescence à l'acide, et contenant encore des grains verts de pélites et d'argiles de 1 à 2 mm de diamètre.	2164
14	1 m	14	Conglomérat à matrice de grès-quartzite mal consolidé un peu calcaire, enrobant des galets et débris variés de quartz filonien, de microquartzite, de grès phosphaté noir et surtout des débris plus anguleux de pélites vertes et de psammites fins; ce conglomérat semble représenter un ancien sol.	2163
13	1 m	8 et 13	Pélite micacée.	
12	0,2 m	13	Banc hétérogène de grès fin à ciment pélitique et ferrugineux.	2162
11	3 m	13	Pélites micacées non calcaires, jaunes par altération.	
10	14 m	8 et 13	Pélites micacées gris vert clair, avec quelques bancs de grès fins calcaires et à mouchetures d'oxyde de fer, de 1 à 2 cm de puissance.	
9	15 m	8	Pélites micacées vert clair, à traces de pistes, avec des intercalations de bancs d'aspect identique légèrement calcaires et de petits bancs de 1 à 3 cm de calcaire silteux brun orangé poecilithique.	
8	20 m	8	Pélites micacées normales avec des lits plus riches en glauconie.	
7	1 m	8	Pélites plus fines que dans le niveau 6, presque des argiles, avec un banc de glauconitite de 4 cm de puissance.	
6	11 m	(7) 8	Pélites micacées vertes peu consolidées, avec quelques lits un peu ferrugineux.	
5	8 m	6 et 8	Talus masqué par les éboulis, correspondant probablement aux argiles à <i>Acrothele</i> , au moins <i>pro parte</i> .	
4	1,5 m	5	Grès à <i>Scolithus</i> , à patine noire, à grain régulier inférieur à 1 mm, à ciment légèrement calcaire; les <i>Scolithus</i> n'y sont pas très abondants.	
3	0,4 m	4	Banc de même nature que le niveau 2, mais plus consolidé, à patine noire.	
2	1,6 m	3 et 4	Grès quartzueux argileux grossier, blanc, conglomératique, à galets de quartz un peu roulés pouvant atteindre 3 cm de diamètre, à stratification entrecroisée.	2161
1			Granite.	

Cette coupe de l'Oumat el Ham peut se résumer dans le tableau suivant :

SÉRIE DE GARAT EL HAMOUËÏD



FIGURE 17

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁ : Description des niveaux
29-17	49 m	15 bis	Grès variés et pélites.
16-15	20 m	15	Grès-quartzite blanc, contenant à la base des grains verts d'argile et de pélite.
14	1 m	14	Conglomérat à débris de pélite.
13-6	65 m	8 et 13	Pélites micacées vertes à glauconie, y compris les niveaux altérés du sommet.
5	8 m	6	Argiles à <i>Acrothele</i> probables (masquées).
4	1,5 m	5	Grès à <i>Scolithus</i> .
3-2	2 m	3 et 4	Conglomérat à galets de quartz et grès feldspathique.
1			Socle granitique.

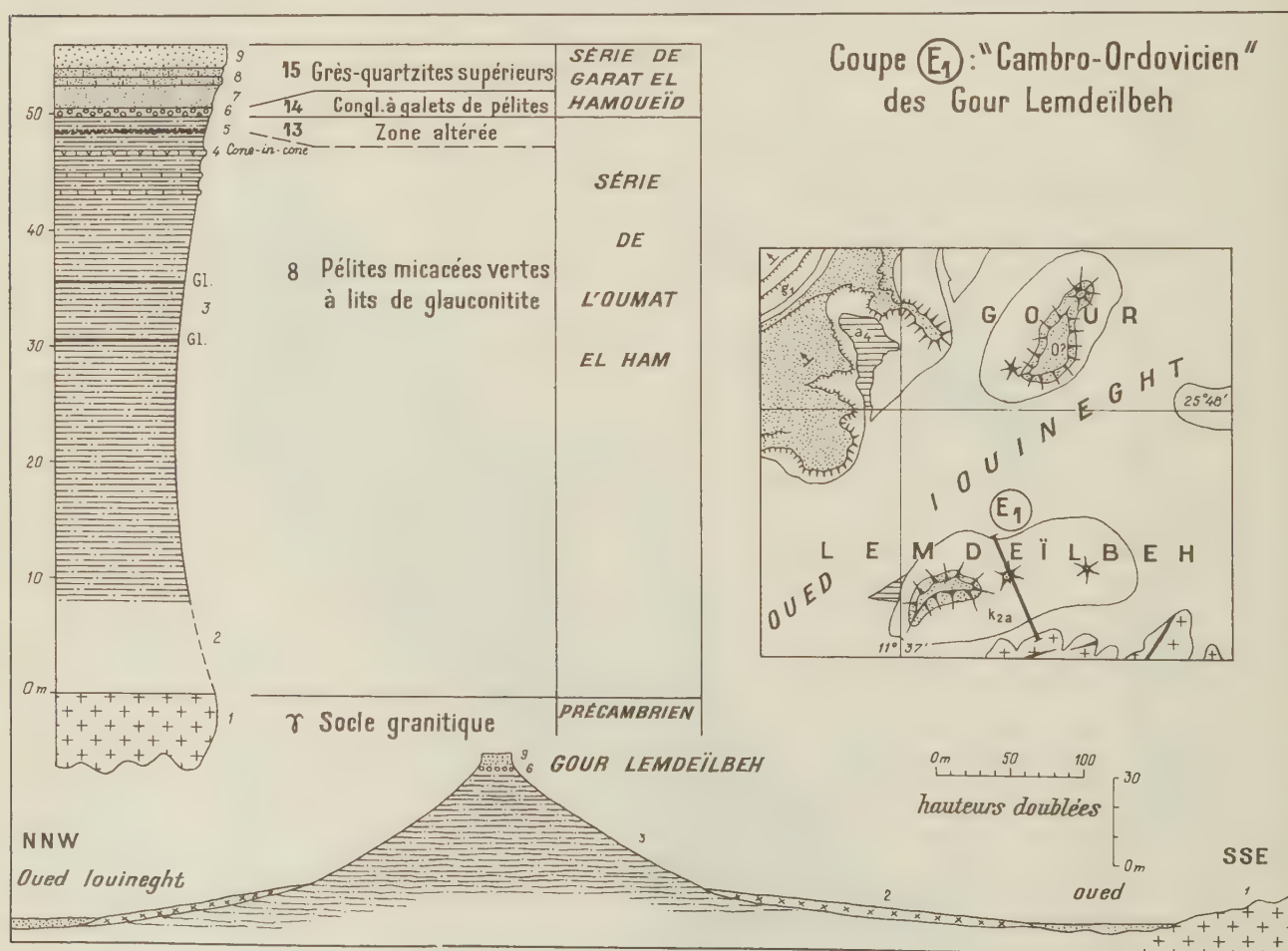


FIGURE 18

Par rapport aux coupes précédentes, on assiste ici à une forte réduction de la puissance des grès feldspathiques et des grès à Scolithes, qui, de 10 m et 33 m respectivement à El Thlethyate, passent dans l'Oumat el Ham à 2 m et 1,50 m. L'ensemble des argiles à *Acrothele* et des pélites à glauconie est relativement puissant puisqu'il atteint une épaisseur de plus de 70 m.

Cette coupe est particulièrement digne d'intérêt, car on y observe fort bien le contact entre la série des pélites et les grès supérieurs. Ces grès débutent par un très beau conglomérat qui remanie les pélites sous-jacentes (voir la description pétrographique p. 169). Ils ont une puissance d'environ 70 m et présentent des faciès très divers; les premiers niveaux de quartzites contiennent encore de petits « grains mous » verts, de pélite et d'argile. Ensuite viennent des grès très variés, des psammites, des bancs pélitiques schisteux et même un niveau conglomératique.

L'ensemble du « Cambro-Ordovicien » atteint en ce point de l'Oumat el Ham une puissance totale de 150 m.

5° Coupe des Gour Lemdeïlbeh

(Coupe E₁)

Entre l'Oumat el Ham et Gara Bouya Ali, les coupes de détail prévues n'ont pu être terminées en 1956, avant la période d'insécurité. Aussi dans cette région, les coupes sont-elles moins nombreuses et moins précises. Il resterait notamment à faire une étude de détail dans les massifs de Gara Foug Gara et de Maaziate qui présentent de très belles coupes.

Les Gour Lemdeïlbeh sont de petites buttes témoins un peu en avant de la falaise principale, entre Maaziate et Gara Foug Gara. Ils sont traversés par le grand Oued Iouineght dont les alluvions masquent la base de la série « cambro-ordovicienne ». Aussi le contact avec le socle n'est-il pas visible. Il semble toutefois qu'à partir de cette région les grès à Scolithes aient complètement disparu (fig. 18).

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe E ₁ : Description des niveaux	Ech.
9	2 m	15	Grès-quartzite blanc à patine jaune brun.	318
8	1,5 m	15	Grès en plaquettes à petites taches ferrugineuses.	
7	2 m	15	Grès fin.	
6	0,5 m	14	Conglomérat à galets de quartz, de phosphate gréseux noir et à débris de pélites vertes, enrobés dans un grès ferrugineux.	317
5	3 m	13 et 8	Pélites micacées vertes, mais devenant ferrugineuses et altérées au sommet.	
4	4 m	8 bis	Plusieurs petits bancs de 5 à 10 cm de puissance chacun, de calcaire rouge vin à <i>cone-in-cone</i> , interstratifiés dans les pélites.	316
3	env. 35 m	8	Pélites micacées en fines plaquettes, plus gréseuses à la base, plus fines au sommet, contenant des lits plus ou moins riches en glauconie, passant parfois à une véritable glauconite. Elles contiennent des traces de pistes indéterminables et des débris de Lingulidés.	315
2			Alluvions et éboulis masquant la base du Primaire.	
1			Socle constitué de microgranite.	

Cette coupe ne donne pas une idée complète de la série « cambro-ordovicienne » de l'endroit, mais il est intéressant d'y retrouver le conglomérat déjà signalé à El Thlethyate et dans l'Oumat el Ham à la base des grès-quartzites supérieurs. Il faut également noter dans ce conglomérat la présence de galets noirs de grès phosphaté et de phosphate gréseux. Autre fait intéressant, les quelques petits bancs calcaires interstratifiés dans les pélites à glauconie présentent de jolies structures « cone-in-cone ».

La puissance des pélites ne peut pas être précisée avec exactitude, puisque leur base n'est pas visible. Si les « gour » les plus à l'Ouest présentent un pendage de 5 à 8°, à l'Est d'une faille NNE-SSW, les autres gour, dont la gara de la coupe, présentent des couches sensiblement horizontales; la puissance totale des pélites à glauconie ne peut, par conséquent, dépasser une cinquantaine de mètres. Cette puissance est donc très nettement inférieure aux puissances constatées dans l'Oumat Chaggag et dans l'Oumat el Ham. Il apparaît donc dès maintenant que les pélites à glauconie, malgré leur stratification très régulière (on n'y observe jamais de stratification entrecroisée) ont des puissances fort variables.

6° Coupe du flanc est de la Gara Bouya Ali

(Coupe F₁)

La Gara Bouya Ali est une grande butte témoin de « Cambro-Ordovicien », située tout à fait dans le NE de la zone française du Zemmour primaire, largement en avant, vers l'Est, de la falaise principale (voir croquis de position, fig. 19). Cette coupe a été levée avec J. BOROCCHO et R. NYSSSEN, lors d'une tournée commune.

La gara repose sur des granites bien décapés, aussi le contact entre le Primaire et le socle précambrien est-il parfaitement visible. Le contact a même pu être étudié sur une plaque mince où sont visibles les deux termes (voir Pl. IX, fig. 2).

La coupe détaillée est la suivante :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₁ : Description des niveaux	Ech.
16	11 m env.	15	Grès-quartzite.	
15	5 m env.	15	Grès grossier conglomératique à petits galets blancs.	
14	9 m env.	15	Grès-quartzite blanc.	
13	6 m env.	15	Grès ocreux friable à stratification entrecroisée.	
12	10 m env.	15	Grès-quartzite.	
11	4 m env.	15	Grès sableux, assez grossier, ocreux (légèrement ferrugineux) à tendance calcaire, souvent à stratification entrecroisée.	
10	10 m		Eboulis masquant le contact avec les grès supérieurs.	
9-8	75 m	8	Pélites et siltstones micacés vert clair, finement lités, à pistes de Vers, contenant, surtout à la base, des intercalations de niveaux très riches en glauconie (niveaux 9).	21544
7	0,1 m	8	Troisième banc de minerai de fer avec les mêmes empreintes de Lingulidés que dans les niveaux 5 et 3.	

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₁ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
6	0,6 m	8	Pélite micacée vert clair.	
5	0,1 m	7	Deuxième banc de minerai de fer, à restes de coquilles phosphatées, à <i>Lingulella</i> cf. <i>fuchsi</i> REDL., <i>Acrothele sougyi</i> POULSEN ? et <i>Botsfordia paucigranulata</i> POULSEN.	541 540
4	1,5 m	7-8	Pélites à muscovite se terminant par un niveau glauconieux.	
3	0,1 m	7	Premier banc de minerai de fer.	
2	0,2 à 1 m	2	Conglomérat ferrugineux à galets de quartz, de granite, de phosphate gréseux micacé et de grès, et à grains de glauconie, en contact avec un granite très frais.	21539 538 537
1			Granite rose du socle à structure équante et à feldspaths automorphes, du type Ain Ben Tili.	538

Cette coupe peut se résumer comme suit :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₁ : Description des niveaux
16 à 11	45 m	15	Alternance de grès quartzeux ocreux à stratification entrecroisée et de grès-quartzites.
10 <i>pro parte</i>	?	14 ?	Conglomérat ??? masqué par les éboulis.
10 à 8	75 à 85 m	8	Pélites et siltstones micacés vert clair à niveaux riches en glauconie.
7 à 3	3 à 15 m	7	Niveaux ferrugineux à Brachiopodes inarticulés et à <i>Nyssenia zemmourensis</i> sp. nov., alternant avec des bancs de pélites à glauconie.
2	0,2 à 1 m	2	Conglomérat de base à galets de quartz, de grès, de phosphate gréseux et de granite, à grains de glauconie et ciment ferrugineux.
1			Socle granitique non altéré.

Le socle ici est un granite frais à peine altéré qui n'était pas complètement pénéplanisé lors du dépôt. L'ar endroits, ses fissures et même sa surface sont remplies par des croûtes ferrugineuses.

Il est regrettable que le contact entre les pélites et les grès supérieurs soit masqué par les éboulis. Il est probable que le conglomérat à débris de pélites trouvé dans les coupes de l'Oumat el Ham et des Gour Lemdeïlbeh y existe toujours, mais il n'a pas pu être observé.

Comme faits nouveaux, on assiste à la disparition certaine des grès à Scolithes (probable mais non établie dans la coupe des Gour Lemdeïlbeh), et des argiles à *Acrothele*, et par contre à l'apparition de niveaux ferrugineux à la base de la série, qui contiennent des débris de fossiles (Pl. XXIII, fig. 3; Pl. XXV, fig. 14-16) : *Lingulella* cf. *fuchsi* REDLICH, *Acrothele sougyi* POULSEN ?, *Botsfordia paucigranulata* POULSEN, *Nyssenia* nov. gen. *zemmourensis* nov. sp. Ces fossiles montrent bien le

Coupe (F₁) : Coupe du "Cambro-Ordovicien"
de la Gara Bouya Ali

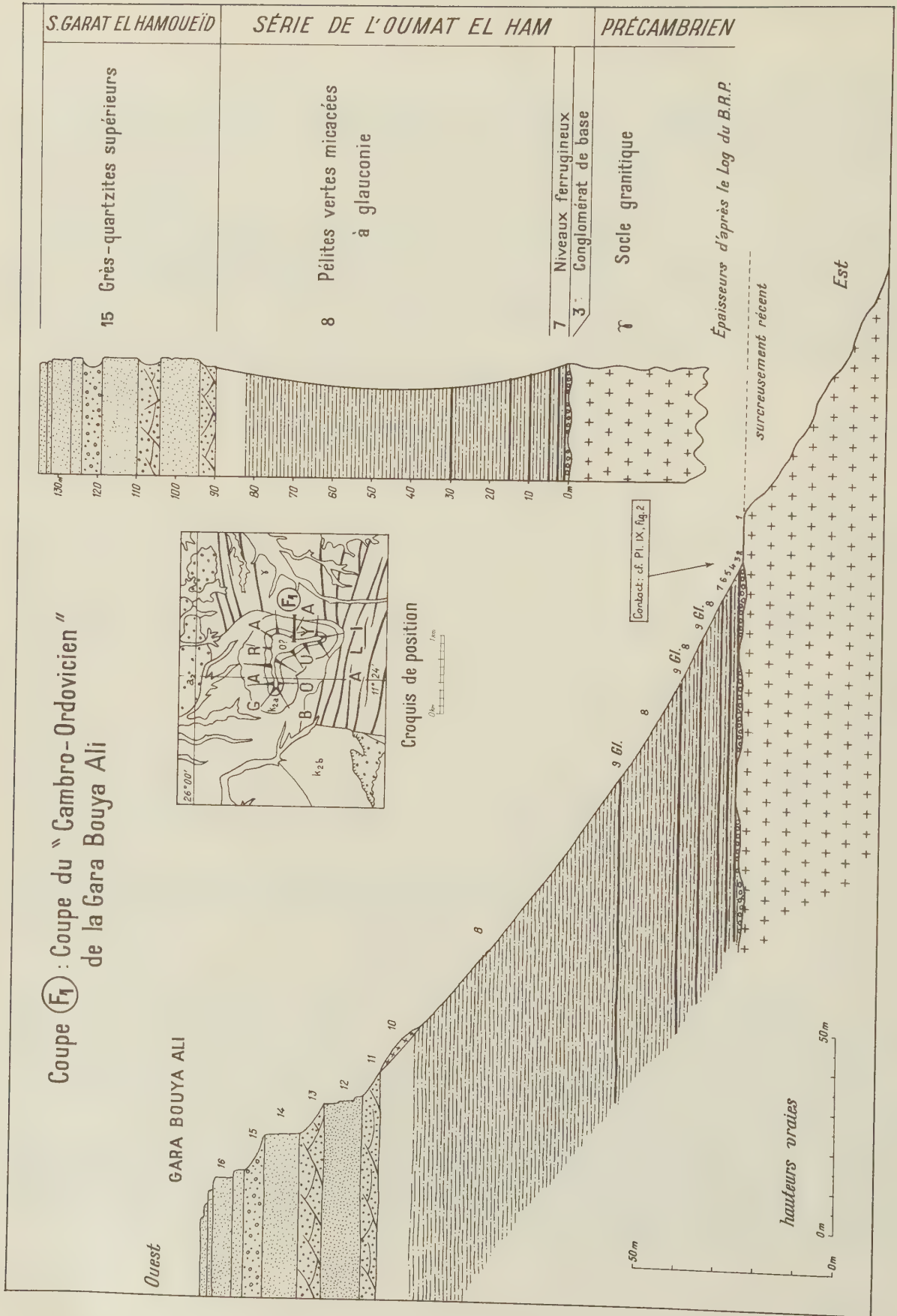


FIGURE 19

caractère marin de cette formation. L'origine de ces niveaux ferrugineux sera discutée plus loin (p. 162) (1).

Dans cette région, la surface du granite n'était pas plane lors des premiers dépôts paléozoïques. C'est pourquoi, à 1 km plus au Sud, au bord de l'Oued Iouineght, la base de la série est plus puissante et les niveaux ferrugineux plus développés (peut-être une vingtaine de mètres et six niveaux au lieu de trois). C'est de cet endroit exactement que provient le nouveau fossile découvert par R. NYSSSEN et qu'il a bien voulu me communiquer.

Pour le reste, la série est très analogue à ce qu'on a pu voir dans les coupes précédentes. Les grès supérieurs constituent toujours une falaise assez abrupte qui surplombe un talus de pélites micacées vertes. On observe dans ces grès, surtout dans les niveaux les plus grossiers, de belles stratifications entrecroisées.

7° Coupes d'El Rgheoua

Les falaises d'El Rgheoua sont situées au Nord du 26° parallèle, aussi se trouvent-elles dans un territoire sous contrôle espagnol. Il n'a pas été possible de les étudier. Afin de donner cependant une idée de la prolongation de la série vers le NE, on reproduira ici, pour mémoire, les coupes de F. JACQUET, consignées sur son Carnet de route n° 23, p. 32 et 33, le 9 mars 1936 (voir aussi N. MENCHIKOFF et M. NICKLÈS, 1942, p. 68).

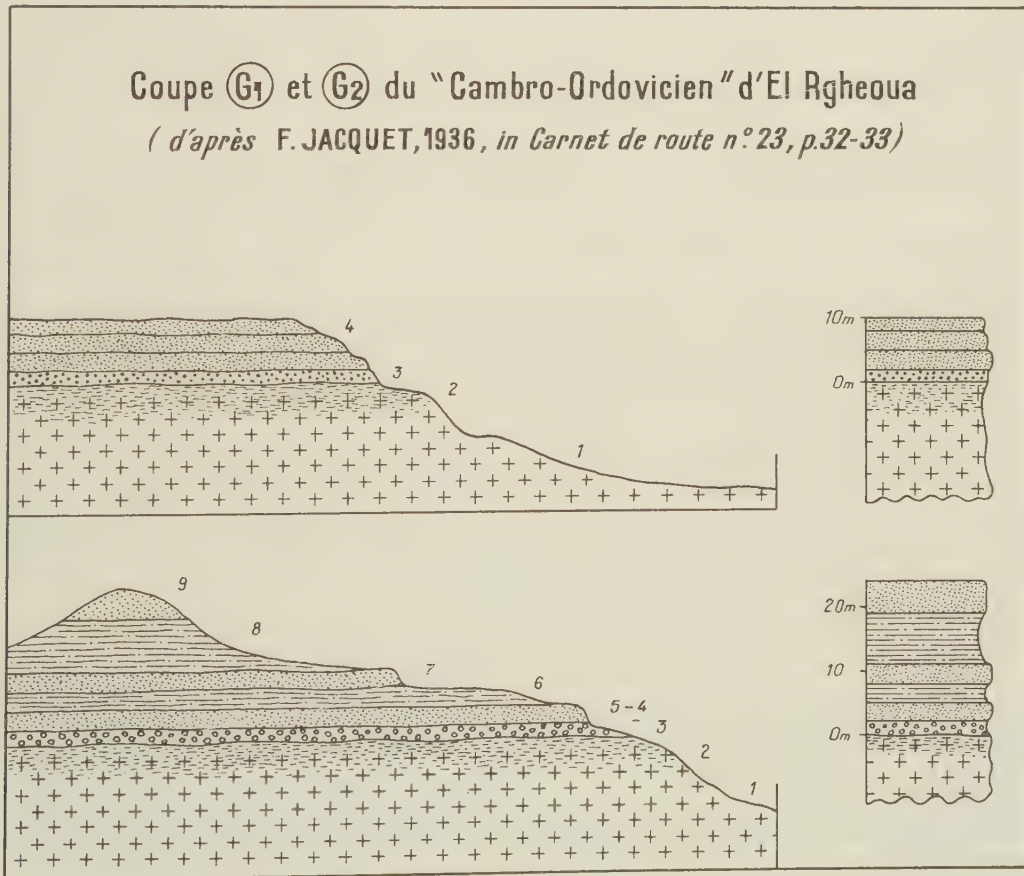


FIGURE 20

(1) Lors d'une tournée postérieure à la rédaction de ce travail, en 1960, j'ai eu l'occasion d'observer quelques minces bancs de grès à *Scolithes* juste au Sud de Maaziata, et des niveaux ferrugineux analogues à ceux de Gara Bouya Ali et très riches en *Botsfordia paucigranulata* POULSEN, immédiatement à l'Ouest de Maaziata.

a) Coupe d'El Rgheoua du côté de l'Oued Dererga
(Coupe G₁)

Cette coupe ne concerne sans doute que la base de la série, puisqu'elle n'a qu'une puissance de 10 m. La coupe, représentée sur la fig 20, est décrite comme suit par F. JACQUET :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe G ₁ : Description des niveaux
4	10 m	?	Grès brun rouge feldspathiques.
3		?	Grès grossier avec cavités de petits galets arrachés.
2			Granite altéré.
1			Granite massif.

b) Coupe du sommet d'El Rgheoua
(Coupe G₂)

Cette deuxième coupe n'est guère plus puissante et il n'est pas possible de dire, d'après les Carnets de route de F. JACQUET, si elle représente la totalité du « Cambro-Ordovicien ». (Voir le croquis de la coupe sur la fig. 20).

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe G ₂ : Description des niveaux
9	5 m	?	Grès verts massifs.
8	8 m	?	Schistes verts feuilletés.
7	3 m	?	Grès blancs et verts massifs.
6	3 m	?	Schistes micacés en plaquettes.
5	3 m	?	Grès verts plus ou moins massifs.
4		?	Alternance de grès verts plus ou moins micacés.
3	2 m	3 ou 14?	Conglomérat à galets de quartz colorés et de granite, ou grès grossiers à cavités.
2			Roche cristalline altérée.
1			Granite, migmatite et roches vertes.

Il est difficile, sans les avoir vus, de rapporter les niveaux décrits par F. JACQUET aux niveaux définis dans le reste du Zemmour. On ne s'y hasardera pas dans ce travail.

Le conglomérat de base correspond-il à celui de la série « cambro-ordovicienne » (niveau 3 de la coupe synthétique) ou bien au conglomérat qui sépare les pélites vertes à glauconie, absentes ici, des grès supérieurs (niveau 14 de la coupe synthétique) ? En l'absence d'échantillon, il est difficile de se prononcer (1).

(1) En mars 1959, j'ai pu voir rapidement la partie nord-est de ce massif. En ce point, une trentaine de mètres de grès massifs reposent, par l'intermédiaire d'un conglomérat à galets de schistes micacés, sur une formation de schistes micacés verdâtres en plaquettes, visibles sur une soixantaine de mètres de puissance. C'est la même disposition qu'à Gara Bouya Ali, mais les schistes sont ici un peu plus grossiers.

Toutefois, même si les niveaux décrits comme « schistes verts feuilletés » par F. JACQUET sont l'équivalent des pélites à glauconie, on peut constater au moins que la série est fortement réduite en épaisseur.

C. — ESSAI DE CORRÉLATION ENTRE LES COUPES PRÉCÉDENTES DE « CAMBRO-ORDOVICIEN »

Après l'étude détaillée des coupes « cambro-ordoviciennes », objet du précédent chapitre, il est maintenant utile de regrouper les différents résultats afin de présenter un premier essai de synthèse.

Toutes les coupes étudiées ont été portées sur un même graphique, en ne représentant que les principaux niveaux :

- grès supérieurs (15 et 15 bis)
- pélites à glauconie (8)
- grès ferrugineux à Lingulidés (7)
- argiles à *Acrothele* (6)
- grès à Scolithes (5)
- grès feldspathiques grossiers (4)
- dolomies à Stromatolithes (2)
- socle précambrien.

Ce schéma (fig. 21) permet d'aboutir aux conclusions suivantes :

1° On constate un amincissement très net vers le Nord des dolomies à Stromatolithes qui passent de plus de 50 m à El Thlethyate, à 8 m sur le flanc sud d'Aghachan el Akhdhar et disparaissent totalement dès la partie centrale de cette butte.

2° Il existe un niveau repère à Stromatolithes, de valeur purement locale, juste au sommet des dolomies.

3° Les grès feldspathiques grossiers, assez constants dans le Sud (une dizaine de mètres), diminuent progressivement d'épaisseur entre Aghachan el Akhdhar et l'Oumat el Ham : 3 m dans l'Oumat Chaggag, 1,5 m dans l'Oumat el Ham. Ils ont totalement disparu au Sud des Gour Lemdeïlbeh.

4° Les grès à Scolithes, de même, diminuent régulièrement de puissance du Sud vers le Nord. D'une épaisseur de 34 m à El Thlethyate, ils n'ont plus que 8 m à Aghachan el Akhdhar, 6 à 12 m dans l'Oumat Chaggag, 1 m au milieu de l'Oumat el Ham. Aux Gour Lemdeïlbeh et même déjà plus au Sud, ils manquent complètement.

5° Pour l'ensemble des niveaux détritiques à grain fin, 6, 7 et 8 (argiles, pélites et siltstones), on n'observe rien d'analogue à ce qui se passe pour les couches sous-jacentes.

Les argiles à *Acrothele* de la base semblent relativement constantes, mais elles sont difficilement observables et on ne peut guère mesurer leur épaisseur. De toute façon, il est établi qu'elles disparaissent vers le Nord et sont totalement absentes à la Gara Bouya Ali.

Au Nord, par contre, apparaît un nouveau faciès à la base des pélites à glauconie : un niveau très ferrugineux à débris de Lingulidés (niveau 7), *Botsfordia* et *Acrothele*, dont le maximum de puissance, une quinzaine de mètres, se trouve à 1 km au Sud de Gara Bouya Ali, mais dont on connaît les premières manifestations dès Maaziate.

6° Les pélites à glauconie présentent des puissances très variables d'une coupe à l'autre et qui ne peuvent s'expliquer à première vue par une loi générale, telle qu'une transgression.

7° La puissance des grès supérieurs est très variable. Certaines coupes comportent la totalité de ces grès, car le Gotlandien y a été observé en concordance; pour d'autres, seule la base a pu être étudiée.

8° Dans tous les cas où le contact entre les pélites à glauconie et les grès supérieurs a pu être observé, ceux-ci débutent toujours par un conglomérat qui remanie les pélites (niveau 14 de la coupe synthétique).

9° Le maximum de puissance observé pour l'ensemble de la série est de 154 m dans l'Oumat el Ham, le minimum est de 63 m à Aghachan el Akhdhar, flanc nord (la coupe E₁ des Gour Lemdeïlbeh ne comportant pas la totalité des grès supérieurs).

Ces faits d'observation, tous déduits de l'étude des coupes détaillées, permettent de conclure que la série des dolomies à Stromatolithes s'amincit vers le NNE et que le centre d'Aghachan el Akhdhar est un jalon précis de la bordure nord-est de la mer à Stromatolithes. Plus au Nord les régions des Oumat et de Gara Bouya Ali étaient émergées.

Les grès feldspathiques grossiers et les grès à Scolithes semblent être très étroitement liés : puissants dans le Sud, ils viennent mourir ensemble dans le Nord de l'Oumat el Ham. Au Nord de ce massif, on ne les retrouve pratiquement plus. Ces terrains sont donc nettement transgressifs par rapport aux calcaires dolomitiques. La puissance cumulée des deux formations diminue d'ailleurs encore plus régulièrement que leurs puissances respectives (fig. 21).

Ensuite les niveaux fins 6, 7 et 8 de la coupe synthétique (argiles à *Acrothele*, grès fins ferrugineux à Lingulidés et pélites et siltstones à glauconie) recouvrent l'ensemble suivant une transgression générale. Seule peut-être la région d'El Rgheoua y a échappé, mais les coupes de F. JACQUET ne permettent pas de l'affirmer (1).

Du Sud jusqu'à l'Oumat el Ham, la base de cet ensemble de sédiments fins est représentée par des argiles à *Acrothele* et *Neobolus*; le Nord, par des niveaux ferrugineux à Lingulidés, *Botsfordia*, *Acrothele* et *Nyssenia zemmourensis* qui, puissants d'une quinzaine de mètres dans la région de Gara Bouya Ali, disparaissent en minces bancs dans les pélites micacées au niveau du massif de Gara Foug Gara dont malheureusement aucune coupe détaillée n'a pu être faite. Il semble bien que ce faciès ferrugineux soit situé un peu plus haut dans la série que les argiles à *Acrothele*, et corresponde à certains niveaux glauconieux de la base des pélites. On retrouve ce faciès à l'Ouest de Maaziate.

En résumé, les dolomies, les grès feldspathiques et les grès à Scolithes sont de plus en plus transgressifs vers le NNE, étant bien entendu que cette direction n'est qu'une composante de la véritable direction de la transgression, qui reste indéterminée. Les deux derniers niveaux débordent largement sur le premier.

Les pélites et argiles recouvrent indifféremment l'ensemble et leur puissance irrégulière ne permet pas d'y voir un épaississement dans une direction déterminée.

Enfin les grès supérieurs, qui existent eux aussi partout, débutent par un conglomérat. Ils sont, comme les pélites à glauconie, de puissance très variable, et présentent des faciès nombreux qui ne permettent pas de faire, à première vue, des corrélations entre les différents horizons.

D. — MISE EN ÉVIDENCE DE DEUX SÉRIES « CAMBRO-ORDOVICIENNES »

Dans les coupes décrites précédemment (voir p. 68 à 95), nous avons vu que les pélites à glauconie, qui recouvrent en concordance les grès à Scolithes, présentent de très fortes variations de puissance allant de 32 m à Aghachan el Akhdhar à 115 m dans l'Oumat Chaggag, sans que l'on puisse y mettre en évidence, comme c'est le cas pour les grès à Scolithes, un épaississement régulier dans une direction donnée, le Sud par exemple.

Or nous allons voir que cette puissance, d'une trentaine de mètres, est bien loin de représenter un minimum. Dans certaines coupes, ces pélites à glauconie n'atteignent que quelques mètres et sont même parfois totalement absentes.

(1) Une rapide tournée de mars 1959 a montré que le même phénomène semble bien se poursuivre dans le NE d'El Rgheoua.

I. — Etude de coupes de détail montrant une puissance anormalement réduite des pélites à glauconie

De très nombreuses coupes ne cadrent pas avec la stratigraphie proposée dans le chapitre précédent; cinq d'entre elles seront présentées ici :

1° Coupe du flanc est de la Garat el Hamoueïd ouest (Coupe H₁)

2° Coupes de la Garat el Hamoueïd est :

— flanc sud (Coupe H₂)

— flanc nord (Coupe H₃)

3° Coupes du Sud de l'Oumat Chaggag :

— Coupe N-S de la montagne sud-est (Coupe C₃)

— Coupe E-W du flanc oriental de la montagne sud-ouest (Coupe C₄).

Dans la première de ces coupes (H₁), les pélites à glauconie sont très réduites; dans les coupes suivantes (H₂ et H₃), elles seront totalement absentes; dans les dernières (C₃ et C₄), les grès à Scolithes auront également disparu, dans une région où ils sont normalement présents.

1° Coupes du flanc est de la Garat el Hamoueïd ouest (Coupe H₁)

Les Garat el Hamoueïd sont deux buttes témoins conservées sur le socle précambrien, dans les Oued Belfaa au SE de l'Oumat el Ham. L'emplacement de la coupe ci-dessous a été choisi dans la partie sud-est de la butte témoin occidentale (voir le plan de situation joint à la coupe de la fig. 22).

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe H ₁ : Description des niveaux	Ech.
15	6 m	15 bis	Grès quartzeux blanc, à patine brune, friable.	
14	3 m	15 bis	Grès quartzeux rose à grain fin peu consolidé.	
13	8 m	15	Grès-quartzite.	
12	0,8 m	15 bis	Grès blanc grossier.	
11	3 m	15	Grès-quartzite.	
10	0,4 m	15 bis	Grès vert clair en plaquettes.	
9	15 m	15	Grès-quartzite massif comportant à la base des nodules grossiers de schistes et de grès; la patine en est brune, la cassure blanche, le grain régulier. Ces grès constituent une falaise verticale.	
8	1 m	14	Grès grossier plus ou moins conglomératique, rose, à ciment ferrugineux, à structure entrecroisée, passant par endroits à un véritable conglomérat à galets de pélites et de quartzites, à matrice de grès quartzeux argileux et ferrugineux.	2173
7	0,2 à 0,4 m	14 bis	Grès tendre en fines plaquettes, vert clair, formant un banc irrégulier.	

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe H ₁ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
6	6 m	14 bis	Grès quartzeux et sériciteux fin à glauconie et muscovite, très légèrement calcaire, vert très clair, tendre, formant un talus également plus ou moins masqué par des éboulis.	2172
5	6 à 1 m	6	Argile vert clair masquée par des éboulis de grès.	2171
4	3,5 m	5	Grès à <i>Scolithus</i> , en bancs bien parallèles, réguliers, terminés par une surface lisse à petits galets de quartz faisant saillie.	
3	1,5 m	4 et 3	Grès grossier légèrement ferrugineux à grains de quartz bien roulés, sans véritable conglomérat à la base.	
2	1 m		Même roche qu'au niveau 1, mais pourrie, oxydée, devenue une sorte de schiste rouge.	
1	30 m visibles		Roche verte très micacée, recoupée par quelques filons granitiques. C'est donc indubitablement une roche antérieure au Primaire.	

Sur cette coupe, l'épaisseur des argiles du niveau 5 (échantillon 2171) varie de 6 à 1 m si l'on se déplace latéralement de quinze mètres de part et d'autre de la coupe.

Comme on ne voit pas bien le contact entre les niveaux 5 et 6 de la coupe, on ne peut préciser s'il y a ou non un conglomérat entre ces deux niveaux, conglomérat que l'on trouve à cet emplacement en déblais, mais qui peut aussi bien être descendu du niveau 8 (éch. 2173).

Il semble donc raisonnable d'admettre que les grès quartzeux à grain fin vert clair du niveau 6 soient à rapporter aux grès supérieurs; en effet ce faciès de grès n'a jamais été observé dans la série des pélites à glauconie. Il est regrettable que des éboulis masquent le véritable contact entre les argiles et les grès supérieurs.

Cette coupe H₁ peut donc ainsi se résumer :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe H ₁ : Description des niveaux
15 à 9	36 m	15 bis et 15	Grès-quartzites et grès variés à stratification entrecroisée.
8 6-7 ?	7 m	14 et 14 bis	Grès vert tendre à grain fin et conglomérat remaniant les pélites.
5	1 à 6 m	6	Argiles (niveau à <i>Acrothele</i>).
4	3,5 m	5	Grès à <i>Scolithus</i> .
3	1,5 m	4 et 3	Grès grossier conglomératique.
2-1	30 m		Socle (roche verte à biotite), altéré sur un mètre.

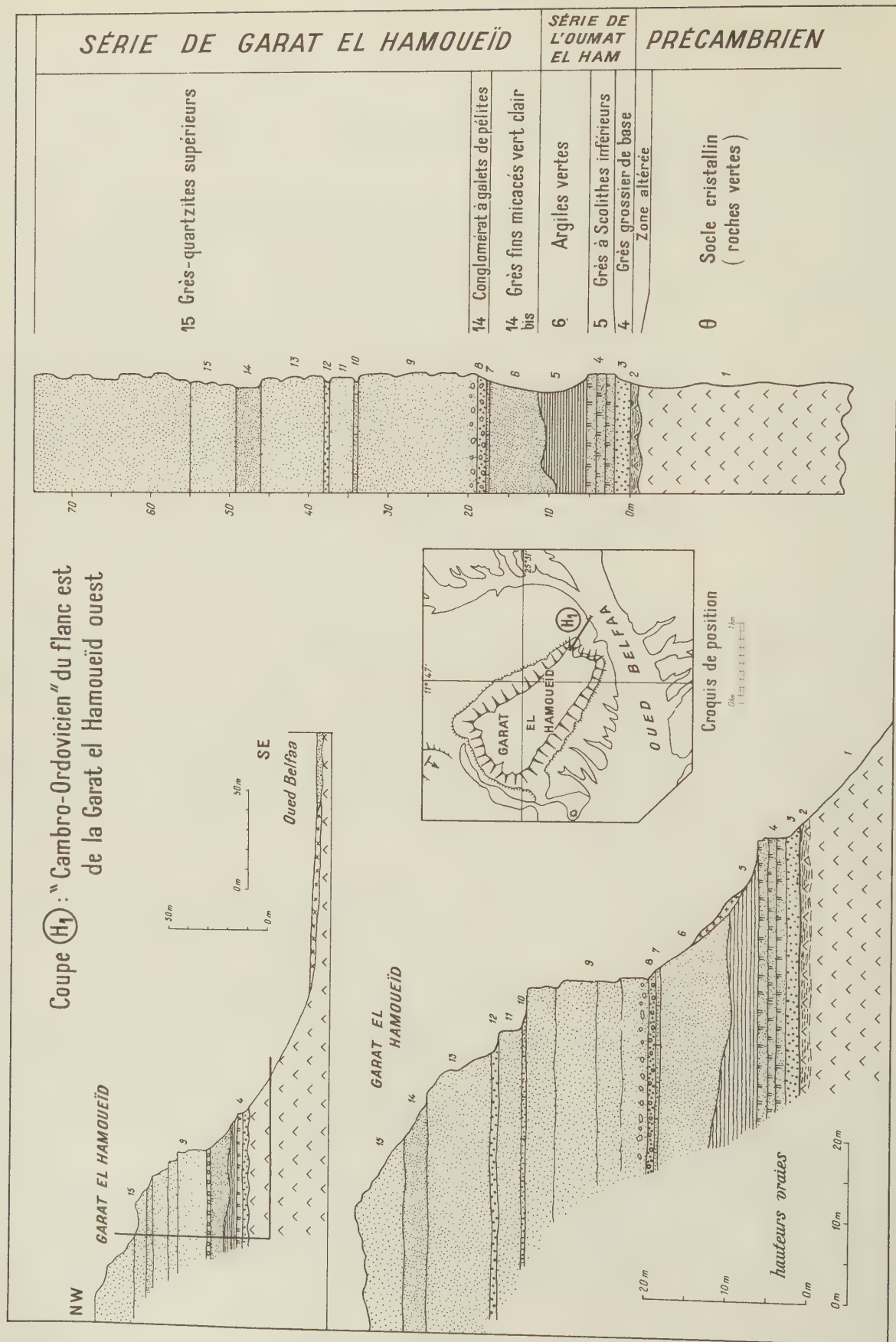


FIGURE 22

Ainsi les grès grossiers de base et les grès à Scolithes, qui font respectivement 1,50 m et 3,50 m, présentent des puissances tout à fait normales, s'intégrant fort bien dans le schéma général (fig. 21) : les Garat el Hamoueïd venant se situer entre les coupes C₂ de l'Oumat Chaggag et D₁ de l'Oumat el Ham.

Par contre la série des argiles et pélites n'est représentée que par les 6 m des argiles à *Acrothele* de la base, les pélites à glauconie proprement dites faisant complètement défaut. *Fait notable, sur une quinzaine de mètres latéralement, on voit* (mal car les affleurements sont mauvais) *les argiles se réduire à un mètre de puissance seulement.*

L'ensemble des grès supérieurs est au contraire fort puissant : en plus des 43 m de la coupe, il faudrait y ajouter une vingtaine de mètres qui n'affleurent que plus en retrait (voir la coupe générale et le log de la fig. 22).

En résumé, *cette coupe montre une lacune presque totale du niveau des argiles et pélites à glauconie* (niveaux 6 et 8 de la coupe synthétique) *et une puissance relativement importante des grès supérieurs* (niveaux 15 et 15 bis), de l'ordre de 60 m.

2° Coupes de la Garat el Hamoueïd est (Coupes H₂ et H₃)

La deuxième gara, située 3 km plus au SE, entre deux bras de l'Oued Belfaa, présente encore des différences stratigraphiques marquées avec l'autre butte. Deux coupes ont été effectuées de manière à étudier les deux flancs sud et nord qui diffèrent eux-mêmes notablement l'un de l'autre.

Le flanc sud montre la coupe suivante H₂ (fig. 23) :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe H ₂ : Description des niveaux	Ech.
12	15 m	15	Quartzites massifs du sommet de la Garat el Hamoueïd.	
11	37 m		Grès tendres rouges nettement calcaires, visibles sous les éboulis du sommet.	
10			Grès-quartzites avec bancs grossiers irréguliers et bancs en plaquettes.	
9			Grès un peu calcaire, rouge, à grain fin, tendre.	
8			Quartzite blanc à patine brune.	
7			Grès grossier.	
6	1 m env.	14	Grès grossier conglomératique tendre à nombreux débris de schistes verts.	
5	16 m	14 ?	Talus d'éboulis gréseux, ne comportant aucun débris de pélites ou d'argiles.	
4	3 m	5	Grès à <i>Scolithus</i> .	
3	1 m	4 et 2	Grès grossier plus ou moins conglomératique.	
2	65 m visibles		Granite rouge à gros grain, type Aïn Ben Tili, souvent très altéré.	
1			Reg et alluvions sableuses (Oued Belfaa).	

Quant au flanc nord (Coupe H₃), il apparaît nettement différent :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe H ₃ : Description des niveaux	Ech.
6	env. 15 m	15	Quartzite massif à patine brune.	
5	38 m		Quartzite blanc non calcaire, plus ou moins massif.	
4	env. 5 m		Grès jaune grossier à tendance conglomératique en bancs de 0,20 à 1 m, à stratification entrecroisée, plus ou moins calcaire, et faisant place en certains endroits de la falaise à des quartzites plus massifs.	
3	4 m	14 ?	Éboulis; le contact avec le granite est masqué, mais les éboulis ne contiennent pas de grès à Scolithes; sur la coupe, la limite socle-sédimentaire a été portée à 1 m au-dessus des premiers éboulis.	
2	67 m		Granite rose porphyroïde à biotite, du type Aïn Ben Tili, altéré, en affleurement massif.	
1			Reg.	

Bien que le contact entre Précambrien et Primaire ne soit pas visible, l'examen des 4 m d'éboulis et des alentours de la coupe ne laisse aucun doute sur la lacune totale des grès à Scolithes. D'ailleurs sur le flanc sud où ils existent, ils constituent, grâce à leur plus grande dureté, une petite falaise dans la topographie, ce qui devrait également se produire ici.

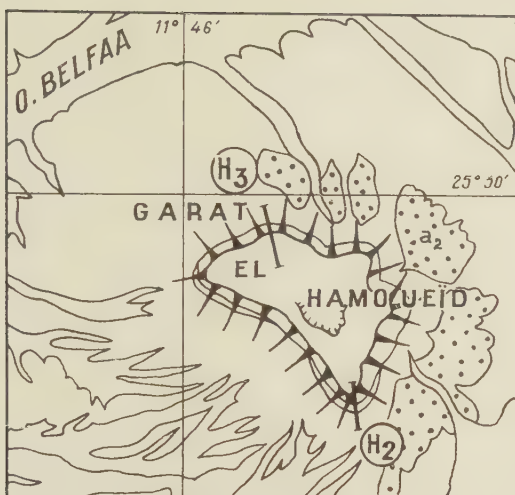
Ces deux coupes H₂ et H₃ peuvent donc se résumer comme suit :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe sud (H ₂)	Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe nord (H ₃)
12 à 5	69 m	15 et 14	Grès supérieurs débutant par des passées conglomératiques.	6 à 3	61 m	15 et 14	Grès supérieurs débutant par des passées conglomératiques.
4	3 m	5	Grès à <i>Scolithus</i> .				
3	1 m	4 et 2	Grès grossier plus ou moins conglomératique.				
2	65 m		Granite rouge (socle).	2	67 m		Granite rouge (socle).

Ces deux coupes ne sont pas parfaites, car des éboulis masquent certains des contacts intéressants.

Dans la coupe sud (H₂), le talus 5, constitué par des éboulis, ne permet pas de dire s'il existe au-dessus des grès à Scolithes du niveau 4, quelques mètres d'argiles à *Acrothele* et de pélites à glauconie. C'est peu probable, car il n'y a aucune trace de ces sédiments fins dans les éboulis du talus, qui sont entièrement gréseux.

Il y a donc lacune, vraisemblablement totale, et de toute façon au moins partielle, des pélites à glauconie. Les grès à Scolithes au contraire existent et ont une puissance de 3 m.



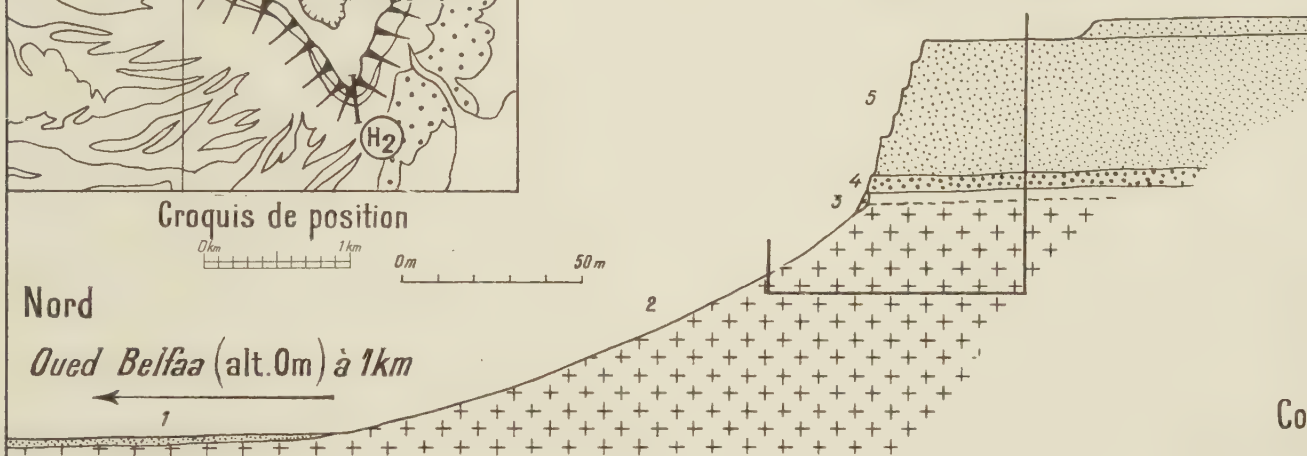
Croquis de position

Nord

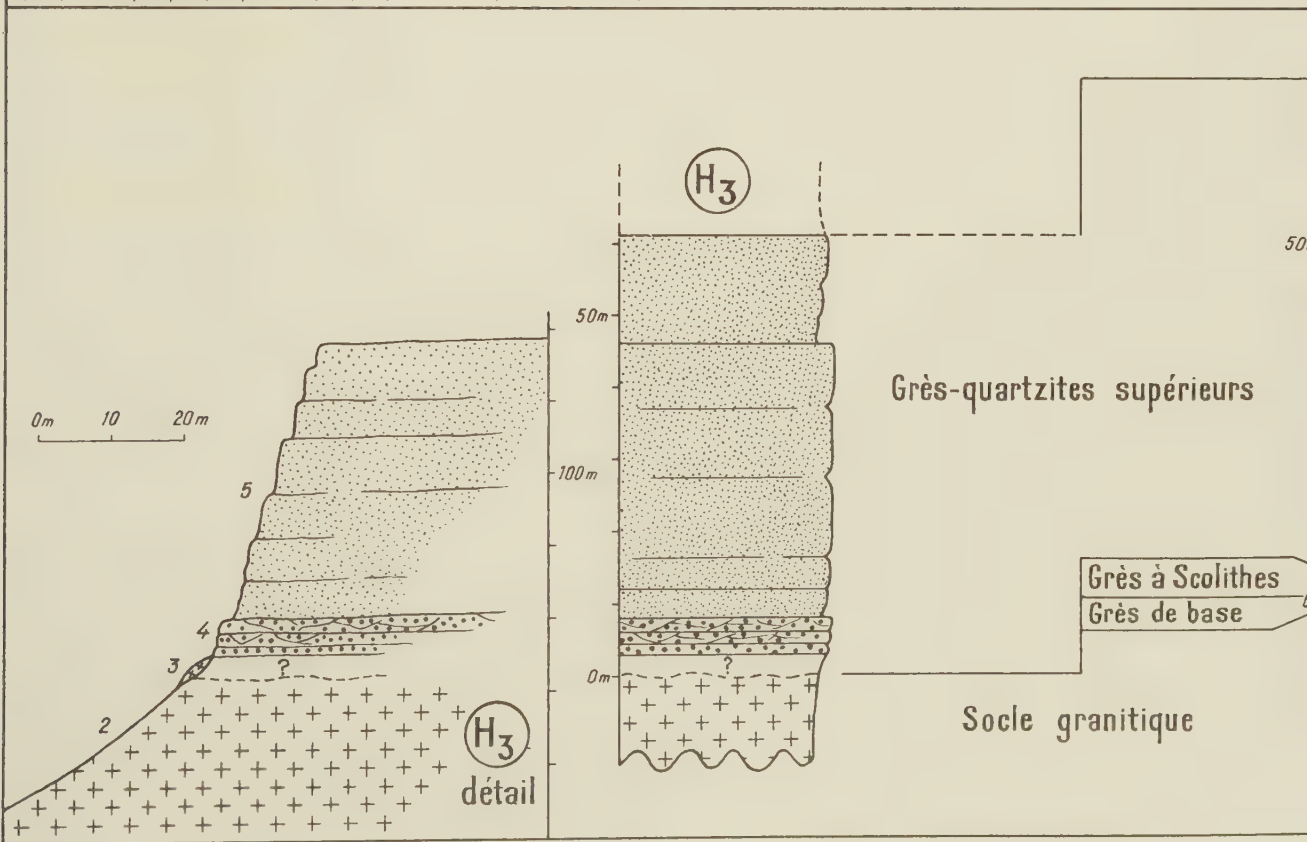
Oued Belfaa (alt. 0m) à 1km

Coupes H_2 et H_3 du "lacunes totales o

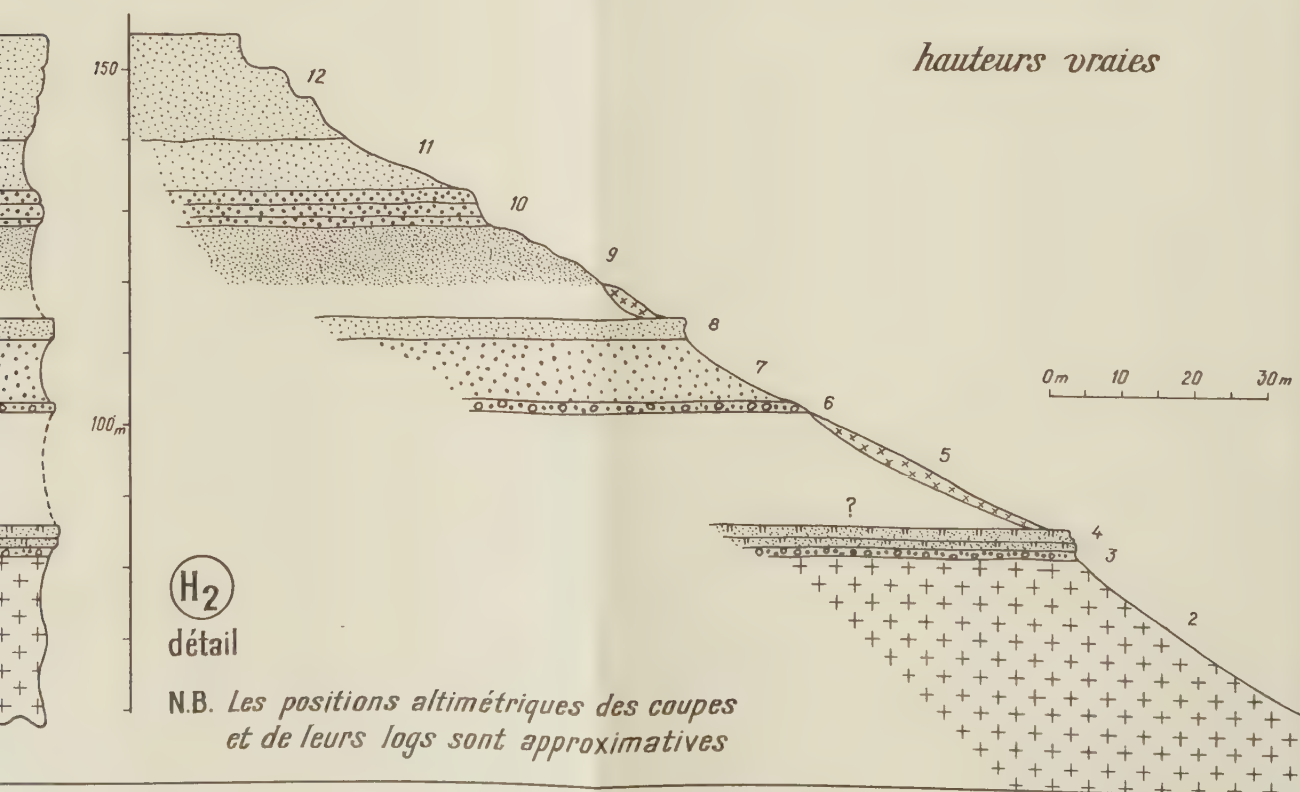
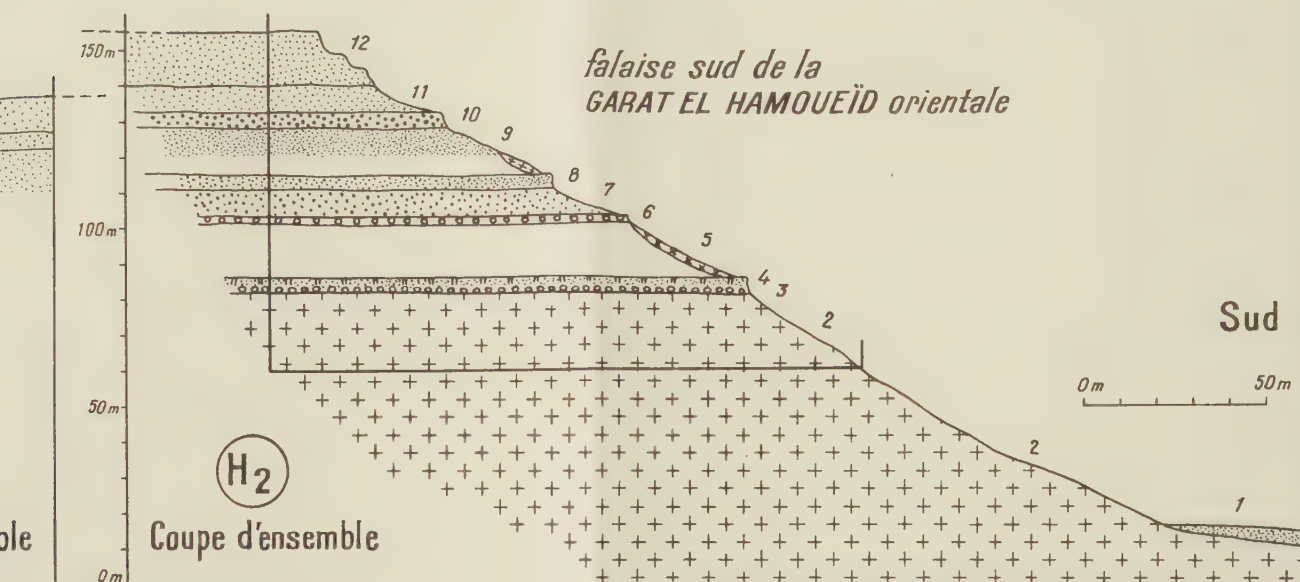
*falaise nord de la
GARAT EL HAMOUËÏD orientale*



Co



Ordovicien" de la Garat el Hamoueïd orientale (montrant les
des pélites micacées à glauconie et des grès à Scolithes)



Dans la coupe nord (H₃), un écran d'éboulis masque également sur 4 m le contact entre granite et Paléozoïque. Aucun banc de grès à Scolithes n'est visible, même à l'état d'éboulis. Il y a tout lieu de penser que, dans cette coupe, aux lacunes de la coupe précédente, s'ajoute celle des grès à Scolithes. La coupe H₃ serait alors entièrement constituée par les grès supérieurs (niveau 15 de la coupe synthétique).

Enfin, lorsqu'on compare les logs H₂ et H₃ (fig. 23), on remarque qu'il est difficile de raccorder les différents faciès des grès supérieurs entre eux. Dans la coupe sud, les faciès grossiers sont plus fréquents. On constatera souvent que les essais de raccordement des différents niveaux, dans des coupes même très rapprochées, sont généralement impossibles dans cette formation des grès supérieurs.

3° Coupes du Sud de l'Oumat Chaggag (Coupes C₃ et C₄)

Nous avons vu que dans l'Oumat Chaggag (fig. 21), les grès à Scolithes et l'ensemble des argiles et pélites à glauconie avaient des puissances respectives de l'ordre de 12 et 115 m. Or, si l'on fait une coupe du flanc sud de la montagne sud-est de ce massif, on observe bien encore les grès à Scolithes, mais ils sont directement surmontés par les faciès variés des grès supérieurs. Et dans une coupe qui n'est qu'à 800 m de là, sur le flanc est de la montagne sud-ouest, les grès supérieurs reposent directement sur le socle granitique. Nous verrons ci-dessous le détail de ces anomalies.

a) Coupe nord-sud de la montagne sud-est de l'Oumat Chaggag montrant des lacunes dans les niveaux inférieurs (Coupe C₃)

Dans cette coupe, faite sur la butte la plus au SE de l'Oumat Chaggag, on rencontre, au-dessus du granite, les grès feldspathiques de base et les grès à Scolithes, mais les pélites à glauconie ont totalement disparu, ou pourraient au maximum être représentées par les 2 m d'un talus sans affleurement visible, au-dessus des grès à Scolithes. La position exacte de la coupe C₃ est donnée sur la figure 24.

Au Nord, la coupe débute dans un synclinal de Dévonien inférieur argileux (24), puis on rencontre successivement, très redressés, des calcaires du Gotlandien supérieur (23), des schistes argileux à Graptolites (22), également gotlandiens, puis le sommet des grès « cambro-ordovi-ciens » (21) sous forme d'un banc de 3 m, également très redressé.

La suite de la coupe est masquée par un reg sous lequel le pendage des couches s'atténue jusqu'à prendre une moyenne de 6°. Vient alors la coupe détaillée décrite ci-dessous :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe C ₃ : Description des niveaux	Ech.
19	env. 4 m	15	Grès-quartzite formant une grande dalle supérieure directement concordante sous le Gotlandien schisteux.	
18	env. 12 m	15 bis	Grès quartzeux un peu ferrugineux à grain fin rose violacé.	2034
17	2,5 m	15	Grès-quartzite blanc, souvent à petites taches brunes ferrugineuses.	
16	5,5 m	15	Grès-quartzite ferrugineux rouge.	
15	4 m	15	Quartzite.	
14	2 m	15	Quartzite à empreintes d'anciens galets dissous et à gros grains de quartz.	
13	7,5 m	15	Quartzite blanc massif.	

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe C ₃ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
12	6 m	15 bis	Grès tendres fins, se débitant facilement, assez régulièrement stratifiés.	
11	19 m	15 bis	Talus d'éboulis.	
10	env. 4 m	15 bis	Grès jaunes, assez fins, « tigrés » (rayures verticales).	
9	1 m	15 bis	Grès identique au grès du niveau 8 mais devenant beaucoup plus grossier.	
8	1 m	15 bis	Grès blanc, saccharoïde, friable, à stratification entrecroisée.	
7	3,5 m	15 bis	Grès rouges tendres, semblant d'origine continentale, assez fins, à érosion en « gruyère ».	
6	2 m	14 ?	Talus correspondant à des roches tendres non visibles.	
5	4 m	5	Grès en bancs de 10 à 30 cm de puissance, à <i>Scolithus</i> .	
4	9 m	4	Grès feldspathiques grossiers à stratification entrecroisée, dont les quartz détritiques atteignent 5 mm de diamètre; ils sont terminés au sommet par des quartzites, et passent graduellement vers la base au niveau 3.	
3	2 m	3-4	Arkose très grossière, verdâtre à la base.	
2	2 m		Granite très altéré.	
1	27 m		Granite rouge du type Aïn Ben Tili.	

Le talus du niveau 6 de la coupe pourrait à la rigueur correspondre à 2 m d'argiles à *Acrothele*. Toutefois en cherchant dans ces éboulis peu épais, on n'y voit aucune petite plaquette d'argile comme c'est le cas partout où cette formation est présente. Il faut donc penser que ces deux mètres correspondent à la base, généralement tendre, des grès supérieurs, peut-être sous la forme du conglomérat à galets de pélites.

Il y a donc ici lacune très probable des argiles à *Acrothele* et lacune certaine des pélites à glauconie; par contre les grès à *Scolithus* ont une puissance presque normale de 4 m (au lieu de 6 à 12 habituellement dans cette région) et les grès feldspathiques sont bien développés. Ils présentent une belle stratification entrecroisée, avec déversement des matériaux vers l'Ouest. La coupe détaillée peut se résumer comme suit :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe C ₃ : Description des niveaux
21 à 7	123 m	15 bis et 15	Grès et quartzites supérieurs.
6	2 m	14 ou 15 ?	Talus : conglomérat de base masqué ou base des grès supérieurs ?
5	4 m	5	Grès à <i>Scolithus</i> .
4	9 m	4	Grès feldspathiques à stratification entrecroisée.
3	2 m	3-4	Arkose très grossière de base.
2 à 1	29 m		Socle granitique, altéré au sommet.

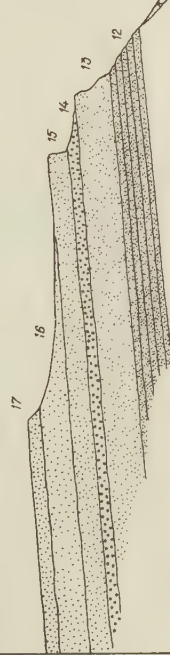
Coupe **(C₃)** : "Cambro-Ordovicien" de la montagne sud-est
de l'Oumat Chaggag (montrant l'absence locale des pélites à glauconie)



OUMAT CHAGGAG

Nord

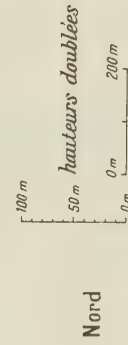
6°



hauteurs vraies

0m 50m

détail



Nord

OUMAT CHAGGAG

hauteurs doublées

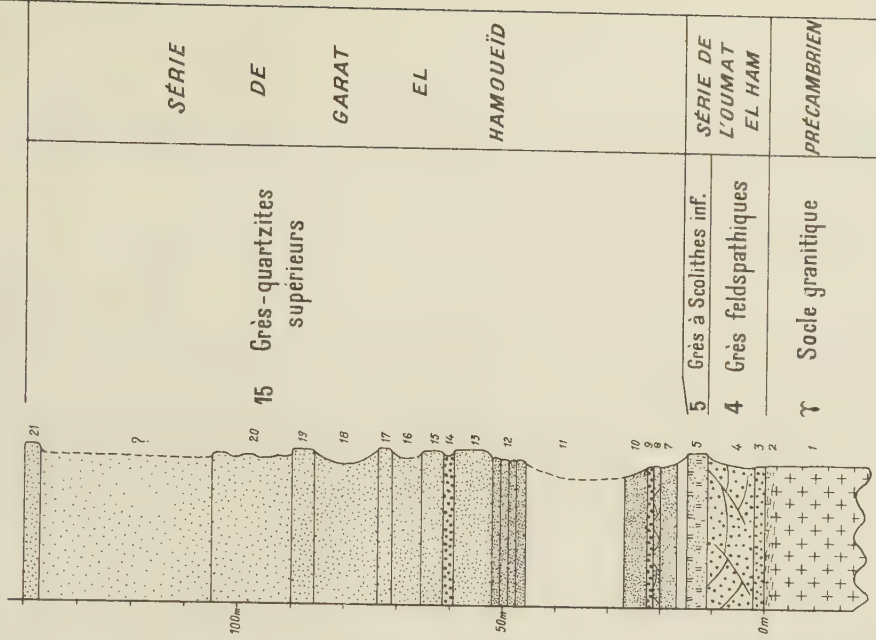
0m 50m 100m

reg

Coupe d'ensemble

Sud

reg



SÉRIE

DE
GARAT
EL
HAMQUEÏD

SÉRIE DE
L'OUMAT
EL HAM

PRÉCAMBRIEN

5 Grès à Scolithes inf.

4 Grès feldspathiques

1 Socle granitique

FIGURE 24

Cette coupe est donc très analogue à la coupe H₂ vue précédemment (p. 101), à la Garat el Hamoueïd orientale. Toutefois les grès feldspathiques sont ici beaucoup mieux représentés.

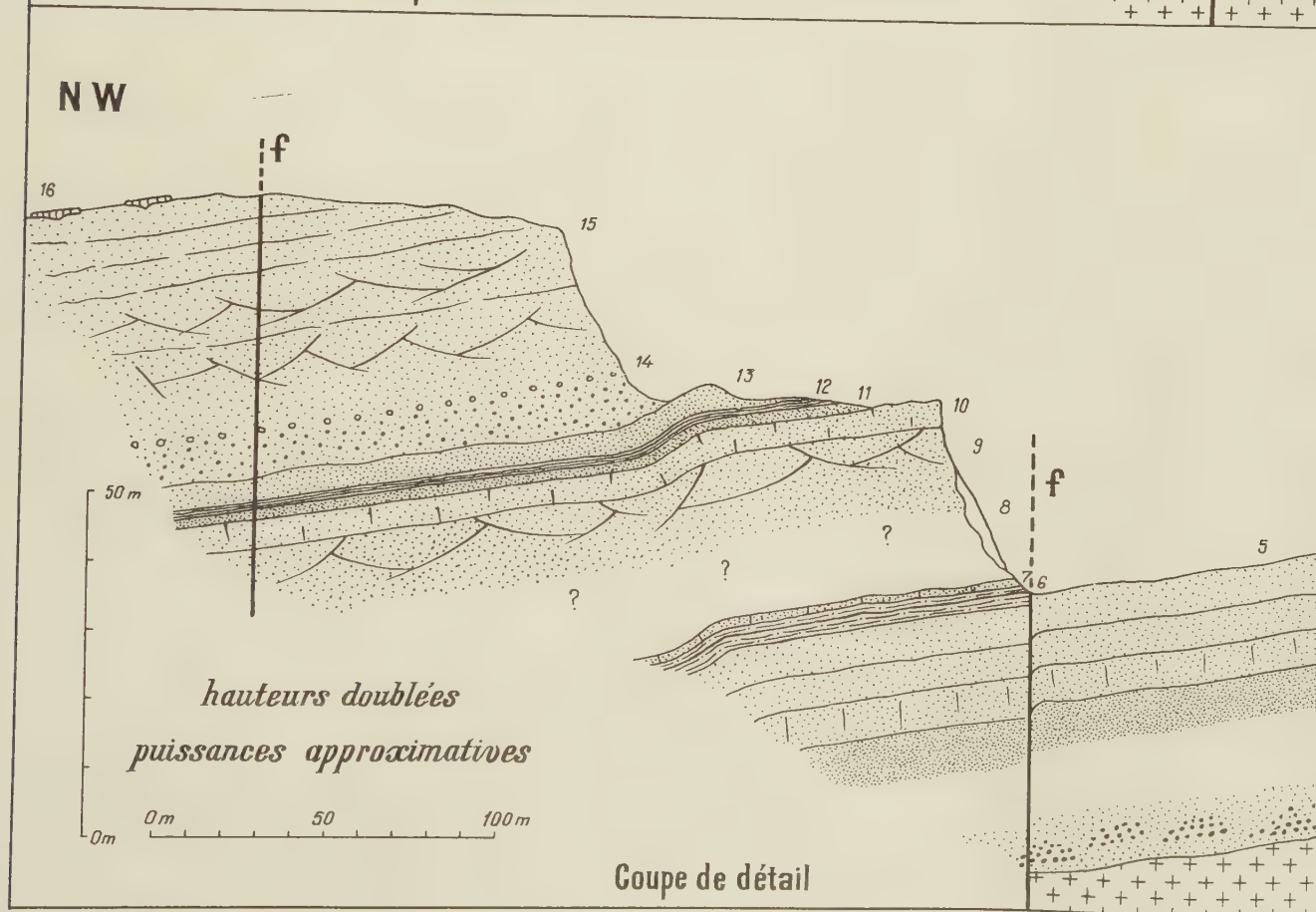
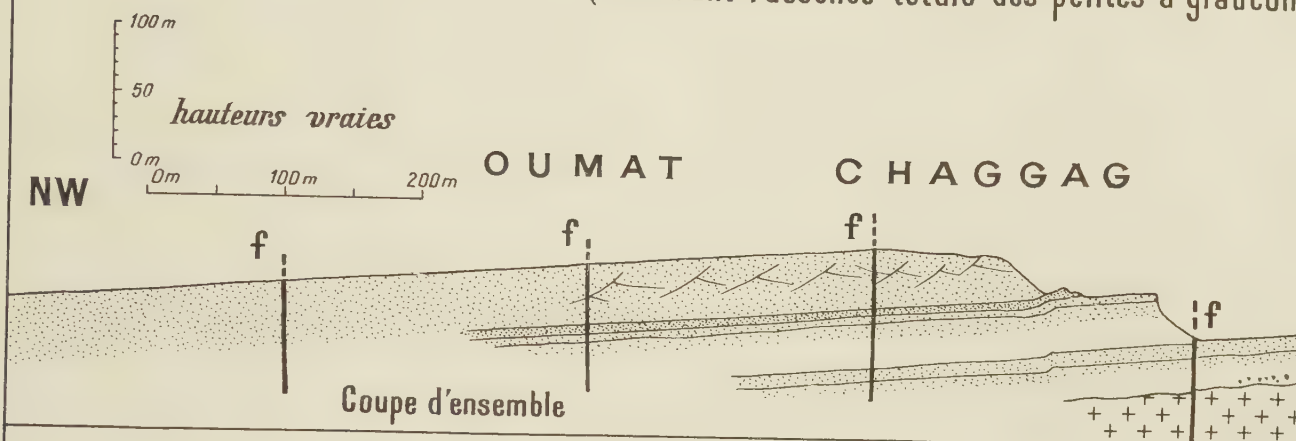
b) Coupe du flanc oriental de la montagne sud-ouest de l'Oumat Chaggag
(Coupe C₄)

Bien que notablement différente de la coupe C₃, cette coupe C₄ ne se trouve qu'à environ 1 km plus à l'Ouest. Son emplacement est précisé sur le plan de position joint à la coupe de la figure 25. On ne retrouve plus ici aucun affleurement de grès à Scolithes.

Cette montagne est traversée par de grandes cassures et par de petites failles. La falaise intermédiaire est d'origine tectonique, mais la faille qui fait remonter le compartiment oriental a environ 2 m de rejet et ne gêne pas la coupe. Les mesures de puissance sont données à titre indicatif et ne sont que des ordres de grandeur. La coupe est la suivante :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe C ₄ : Description des niveaux	Ech.
16	0,5 m	Crétacé	Croûte calcaire rose et galets de quartzite crétacé.	
15	33 m	15	Grès roses massifs irréguliers, à stratification entrecroisée.	
14	8 m	15 bis	Grès jaune à tendance conglomératique, contenant de petits graviers et des morceaux de schistes de moins de 1 cm de diamètre.	
13	4 m	15 bis	Grès rouge sableux, à grains ronds mats éoliens de 0,7 mm de diamètre, devenant plus grossier vers le haut.	
12	0,5 m	15 bis	Argile blanche.	
11	1 m	15 bis	Grès ferrugineux fin à petits ripplemarks	2033
10	5 m	15	Grès-quartzite massif.	
9	8 m	15 bis	Grès un peu calcaire massif, à grain fin, assez friable, jaune ou rouge, à stratification entrecroisée.	
8	15 m	15 bis	Grand talus masquant probablement des roches tendres (pélites ou argiles).	
7	1 m	15 bis	Grès en plaquettes.	
6	3 m	15 bis	Grès psammitique vert en fines plaquettes.	
5	11 m	15 bis	Grès un peu micacés et à ciment légèrement calcaire, assez tendres, mais massifs, à grain assez fin, se débitant en plaquettes.	
4	5 m	15	Grès massifs.	
3	env. 15 m	15 bis	Grès massif à grain fin, assez tendre, jaune clair, à ciment un peu calcaire. Le contact avec le niveau 2 est masqué par des éboulis.	
2	env. 10 m	15 bis ?	Grès feldspathiques massifs assez tendres, assez irréguliers, grossiers par endroits, avec des passées arkosiques grossières jaunes.	
1	12 m		Granite rouge type Aïn Ben Tili.	

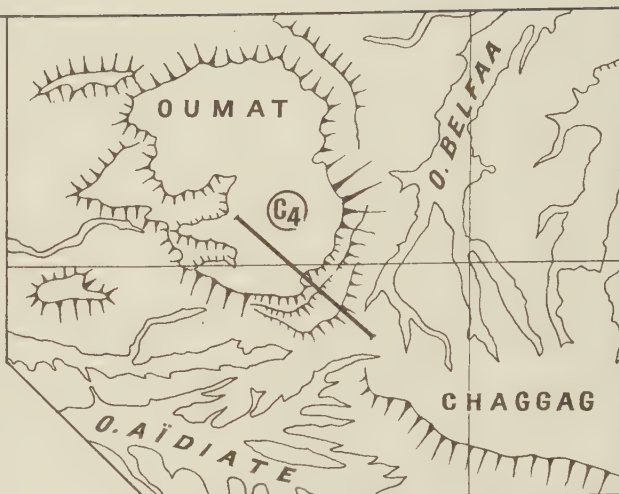
Coupe (C4) : "Cambro-Ordovicien" du flanc oriental de la m
 (montrant l'absence totale des pélites à glaucon



d-ouest de l'Oumat Chaggag
s à Scolithes)

tête de l'Oued
Belfaa

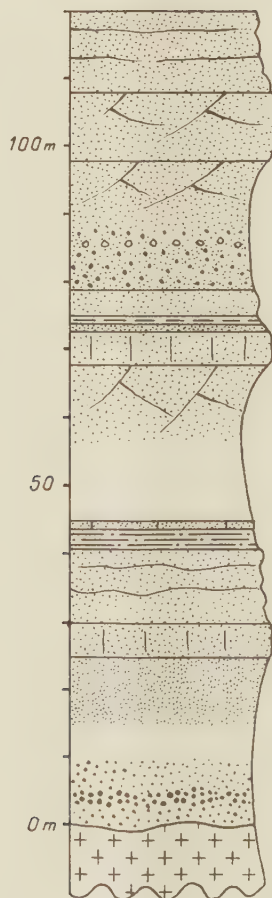
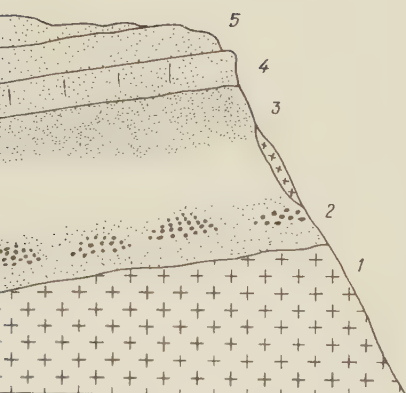
SE



Croquis de position

0 km 1 km

SE



15 Grès-quartzites
supérieurs

SÉRIE

DE

GARAT

EL

HAMOUËÏD

γ Socle granitique

PRÉCAMBRIEN

Cette coupe est plus délicate à interpréter que les précédentes; les éboulis masquent souvent les contacts entre les différents niveaux. Mais des observations faites latéralement permettent de la compléter. Les pélites à glauconie et les grès à *Scolithes* font entièrement défaut; en suivant la falaise vers la gauche, on les retrouve bientôt, d'abord en bancs très minces, puis avec leur puissance normale. Vers la droite, réapparaissent même les pélites à glauconie.

Il semble donc que la coupe doive se résumer ainsi :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe C ₄ : Description des niveaux
15 à 3	110 m	15 bis et 15	Quartzites, grès variés et argiles (grès supérieurs).
2	env. 10 m		Grès feldspathiques de base
1	12 m		Socle granitique.

Les coupes C₃ et C₄ montrent donc que l'on retrouve dans l'Oumat Chaggag un phénomène analogue à celui déjà noté dans les Garat el Hamoueïd : disparition totale, en certains points très localisés, des pélites à glauconie et des argiles à *Acrothele*, disparition également en certains points des grès à *Scolithes*.

II. — Mise en évidence de deux séries séparées par une discordance de ravinement

Les coupes décrites précédemment montrent donc localement des lacunes; ces lacunes sont assez fréquentes pour les pélites micacées à glauconie et plus rares pour les argiles à *Acrothele* et surtout pour les grès à *Scolithes*. Une première explication vient à l'esprit : en bordure du continent, ces différents niveaux passeraient à des faciès plus grossiers tels que les nombreuses variétés de grès de la coupe C₃ (voir p. 103). Les pélites et les grès à *Scolithes*, faciès marins à stratification régulière, se termineraient en biseau vers l'Est.

Certains faits obligent à renoncer dès maintenant à cette hypothèse :

1° Il serait surprenant que des faciès marins relativement épais (115 m dans la coupe C₁ de l'Oumat Chaggag), finement et régulièrement stratifiés comme les argiles à *Acrothele* et les pélites micacées à glauconie, passent en quelques centaines de mètres à de puissantes séries gréseuses sans qu'on puisse observer de faciès transitoires.

2° Les lacunes observées se trouvent effectivement dans les régions les plus orientales de l'Oumat el Ham et dans les Garat el Hamoueïd; ce sont donc les points les plus proches du rivage supposé qui n'ont pas été supprimés par l'actuelle érosion. Toutefois on retrouve ces lacunes également plus à l'Ouest, à l'intérieur de l'Oumat el Ham, donc plus loin de cet éventuel rivage. Pour conserver l'hypothèse, il faudrait alors faire intervenir de problématiques chenaux remplis de sable, au milieu des dépôts pélitiques.

Une autre solution vient alors à l'esprit : les différents niveaux qui se trouvent sous les grès supérieurs à stratification entrecroisée, ont été plus ou moins ravinés, érodés avant le dépôt de ceux-ci. Les pélites micacées à glauconie, qui représentent le terme le plus élevé de la série, seraient les premières à être atteintes par cette érosion; c'est pourquoi ce seraient elles, comme on l'a constaté plus haut, qui manqueraient le plus souvent. Les grès à *Scolithes* et les grès feldspathiques de base, étant les plus anciens, seraient moins fréquemment touchés par cette érosion. Les grès supérieurs débutent souvent, nous l'avons vu, par un conglomérat qui remanie les pélites, ce qui confirme encore cette opinion.

Une très belle coupe longitudinale, le long de la branche sud-est du grand massif en croix de l'Oumat el Ham, illustre fort bien cette interprétation :

Coupe longitudinale le long de la falaise sud de la branche sud-est du grand massif en croix de l'Oumat el Ham (Coupe D₂).

Sur le terrain, cette coupe n'est pas directement visible. En effet les grès-quartzites du sommet de la falaise se débitent en énormes blocs qui masquent les affleurements des roches plus tendres du talus sous-jacent. Aussi lorsqu'on rencontre des quartzites massifs à la base de la falaise, hésite-t-on à décider s'ils sont en place ou plutôt s'ils ont glissé du sommet; de prime abord, on se rangerait volontiers à cette dernière hypothèse.

Une étude minutieuse a permis d'aboutir à la coupe de la fig. 2 de la Pl. I.

Dans toute la partie ouest de cette coupe, les grès à Scolithes reposent sur le granite par l'intermédiaire d'un conglomérat à galets de quartz. Au-dessus vient une puissante série de pélites à niveaux glauconieux. Cette série se termine par quelques mètres de niveaux ferruginisés hétérogènes, avec des lits d'argile blanche ou lie-de-vin. Par dessus, on trouve le conglomérat remaniant les pélites puis la puissante série de grès et quartzites à stratification entrecroisée. La coupe est assez comparable à la coupe D₁ (p. 84). C'est la série classique du « Cambro-Ordovicien » du Zemmour.

A 600 m plus à l'Est, les grès supérieurs affleurent sur toute la hauteur de la falaise, atteignant probablement plus de 150 m de puissance. *Ils reposent directement sur le socle granitique*, en débutant par le conglomérat à débris de pélites. Il y a lacune complète du conglomérat à galets de quartz, des grès à Scolithes et de toute la série des pélites micacées à niveaux glauconieux.

Si l'on revient vers l'Ouest, on retrouve bientôt le conglomérat à galets de quartz directement en contact avec le conglomérat à débris de pélites. Si l'on n'était averti, on les prendrait d'ailleurs pour un seul et même conglomérat. Puis l'on retrouve le conglomérat à débris de pélites sur les grès à Scolithes, puis, difficilement à cause des éboulis, on voit apparaître les pélites à glauconie, les grès supérieurs débutant toujours au-dessus par le même conglomérat. La fig. 1 de la Pl. I montre cet épaississement des grès supérieurs aux dépens des terrains sous-jacents.

Cette coupe prouve donc, sans hésitation possible, que *les grès supérieurs reposent indifféremment sur le granite, le conglomérat de base, les grès à Scolithes, les argiles à Acrothele et les pélites micacées à glauconie.*

Ceci s'explique par le comblement sableux d'une surface topographique qui était loin d'être aplanie. Cette interprétation, s'il en est besoin, est prouvée par le fait que les premiers bancs des grès supérieurs se sont déposés obliquement, parallèlement à la surface d'érosion et non horizontalement. Cela se voit bien sur la photo de la fig. 1 de la Pl. I, et sur celle de la fig. 2 de la Pl. II.

Toutes les anomalies des coupes décrites précédemment s'éclairent aussitôt : toutes les lacunes observées depuis la base de la série jusqu'aux pélites micacées comprises, lacunes impossibles à interpréter par la transgression du Sud vers le Nord, s'expliquent ainsi très bien par *une discordance de ravinement entre les grès supérieurs et les terrains sous-jacents.*

On remarquera tout de suite que la coupe comporte donc deux surfaces topographiques fossiles, jalonnées chacune par un conglomérat. Chacune d'elles a ses caractéristiques propres :

- *la surface ancienne*, sous les grès à Scolithes, semble très aplanie (dans la région de l'Oumat el Ham et de l'Oumat Chaggag), puisque les grès à Scolithes ont toujours une épaisseur régulière se réduisant très progressivement du Sud vers le Nord. Ces grès étant strictement horizontaux, en bancs bien plans, ne sont séparés de l'ancienne surface du socle que par un « matelas » de grès feldspathiques qui en absorbe les irrégularités. Or ces grès sont eux-mêmes peu épais (de 0 à 3 m), ce qui implique que *la première surface topographique était très plane dans la région des Oumat.*
- *la surface plus récente*, jalonnée par le conglomérat qui remanie les pélites à glauconie, était au contraire beaucoup plus accidentée puisque nous venons de voir qu'elle pouvait présenter sur une distance de 600 m, une dénivelée de plus d'une centaine de mètres (y compris environ 5 à 10 m d'érosion dans le granite lui-même).

Les faciès eux-mêmes des conglomérats soulignent bien cette différence. Le premier contient essentiellement des galets de quartz, donc triés, et de plus bien roulés; le deuxième a un aspect

d'éboulis de pente et par certains traits se rapproche d'une brèche (voir l'étude pétrographique p. 169). De plus, la présence fréquente sous le deuxième conglomérat de niveaux altérés, ferruginisés, ou d'argiles d'altération, montre bien que les pélites, après leur évolution diagénétique, ont été mises à jour et soumises aux oxydations et lessivages (weathering), ceci avant le dépôt des grès supérieurs.

Dans le chapitre suivant, nous verrons comment on peut essayer de reconstituer cette topographie accidentée.

III. — Essai de reconstitution du modelé de l'ancienne surface topographique conservée sous les grès supérieurs

Comme nous le savons maintenant, les grès supérieurs, anciens sables à stratification entrecroisée, ont comblé une surface topographique relativement accidentée. Il est intéressant d'essayer de reconstituer la forme du modelé de cette surface fossile. Mieux qu'un long exposé, quelques coupes en donneront un aperçu.

1° Coupe d'une butte témoin de la branche sud-est du massif en croix de l'Oumat el Ham (Coupe D₃) et coupe en long de la falaise voisine (Coupe D₄)

Cette petite butte témoin se détache au Sud de la falaise principale de la branche sud-est du grand massif en croix de l'Oumat el Ham. La coupe est la suivante :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₃ : Description des niveaux	Ech.
8	1 m	15	Quartzite massif.	
7	5 m	15 bis	Grès tendres.	
6	0,5 m	14	Conglomérat à galets atteignant 10 cm de diamètre, de quartz, de quartzite blanc à tourmaline et zircon, de grès, de roches volcaniques, de schistes pélitiques verts, etc.	2178
5	env. 40 m	8	Pélites micacées à niveaux glauconieux.	
4			Filons de dolérite verticaux.	
3	2,5 m	5	Grès à <i>Scolithus</i> .	
2	0,4 m	3	Beau conglomérat de base à galets de quartz et à gangue de grès grossier.	
1			Granite.	

Or, à 150 m au Nord, la falaise principale comporte du haut jusqu'en bas uniquement des grès-quartzites. Il y a lacune totale des pélites à glauconie et des grès à *Scolithes*. Les conglomérats de base des deux discordances reposent l'un sur l'autre.

La figure 26a montre comment on peut s'imaginer le modelé de l'endroit, avant le dépôt des grès supérieurs : une sorte de colline à pente douce dans les pélites à glauconie, avec au Nord une érosion qui atteignait le socle granitique. C'est une topographie assez accidentée (trait discontinu sur le schéma) qui contraste avec la première surface topographique fossile; celle-ci, conservée sous les grès à *Scolithes*, est très aplanie (pointillé sur le schéma).

La coupe D₄ (fig. 26b) suit en long la même falaise et par suite est perpendiculaire à la coupe précédente, comme le montre le croquis de position. Les couches plongent vers l'ESE de 5°, puis

plus fortement quand on arrive à l'extrémité orientale de la falaise. En faisant abstraction de ces légers plissements postérieurs aux faits qui nous intéressent, on retrouve ici des reliefs mous constitués par des pélites à glauconie reposant sur une sole de grès à Scolithes.

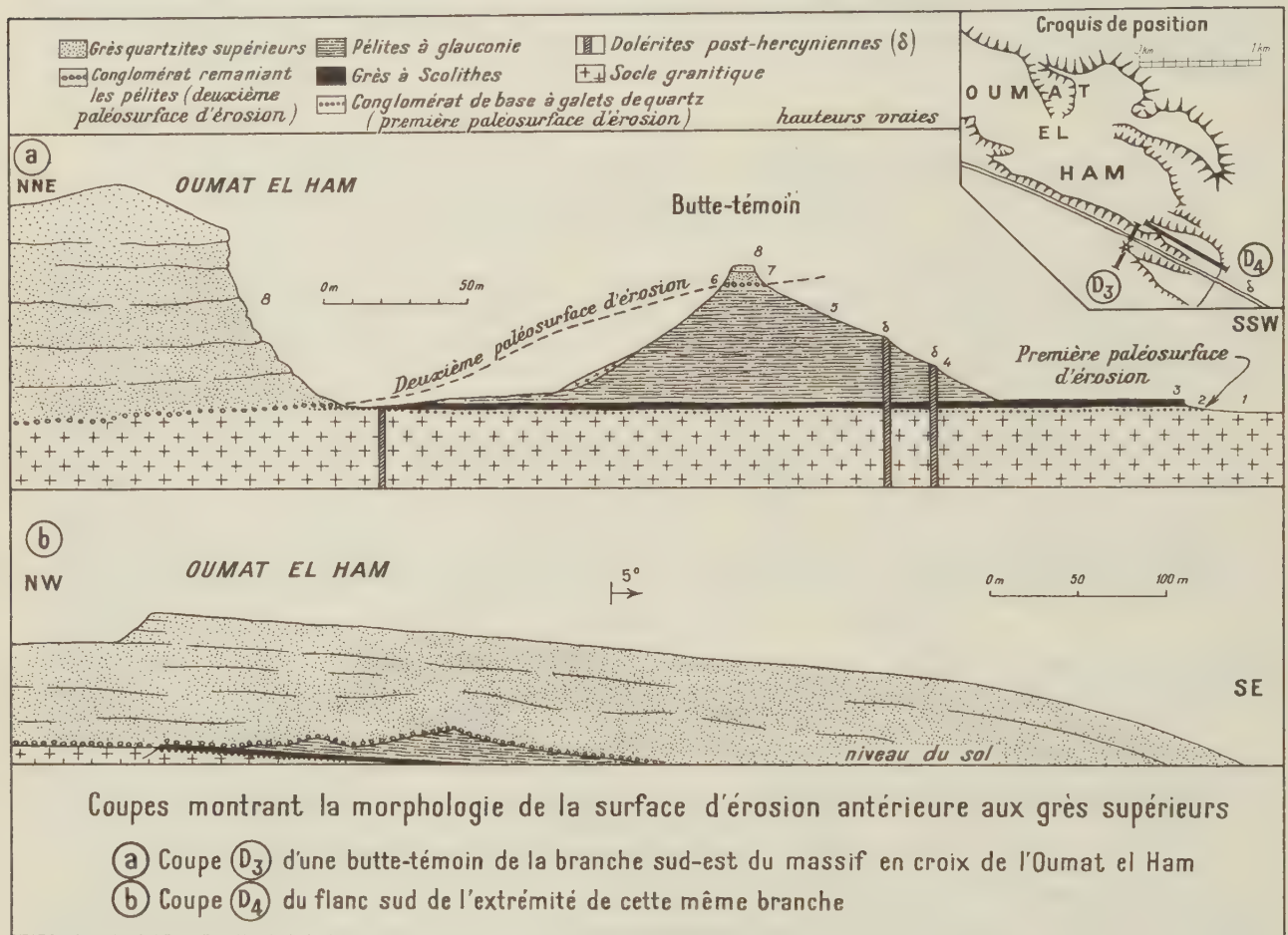


FIGURE 26

En combinant les observations des coupes D₃ et D₄, on peut donc conclure que, pour ce secteur précis, la profondeur maxima atteinte par l'érosion se trouvait au NW.

2° Coupe de l'extrémité de la branche sud-est du massif en croix de l'Oumat el Ham (Coupe D₅)

Si l'on suit la même branche de ce même massif de l'Oumat el Ham jusqu'à son extrémité orientale, on peut observer un autre témoin de cette ancienne surface.

La coupe (fig. 27a) est présentée développée, car elle suit successivement les deux flancs d'une petite vallée encaissée. Comme dans les exemples précédents, on est encore en présence d'une colline de pélites à glauconie reposant sur un « socle » de grès à Scolithes. Mais ici les grès supérieurs (côté sud AB de la coupe) ont enrobé une petite falaise de 3 m de hauteur, entaillée dans les grès à Scolithes. Au bas de cette falaise, on trouve superposés le conglomérat de base à

galets de quartz et le conglomérat remaniant les pélites. Et, encore plus au Sud, l'érosion avait largement atteint le granite du socle.

Ici l'ancienne surface a été légèrement déformée par des plissements, puisque les grès à Scolithes présentent un net pendage vers le SE. Cette déformation est postérieure au dépôt des grès supérieurs qui suivent les mêmes pendages. Aussi, pour reconstituer la forme exacte de la colline fossile, il faut d'abord redresser les couches plissées de la première série (fig. 27b).

On peut alors faire un essai de reconstitution de la paléosurface d'érosion, dans l'aire du triangle ABC (fig. 27c). Les collines de pélites s'étendaient suivant BC, alors qu'au point A l'érosion avait largement entamé le granite. Les grès à Scolithes formaient une petite falaise.

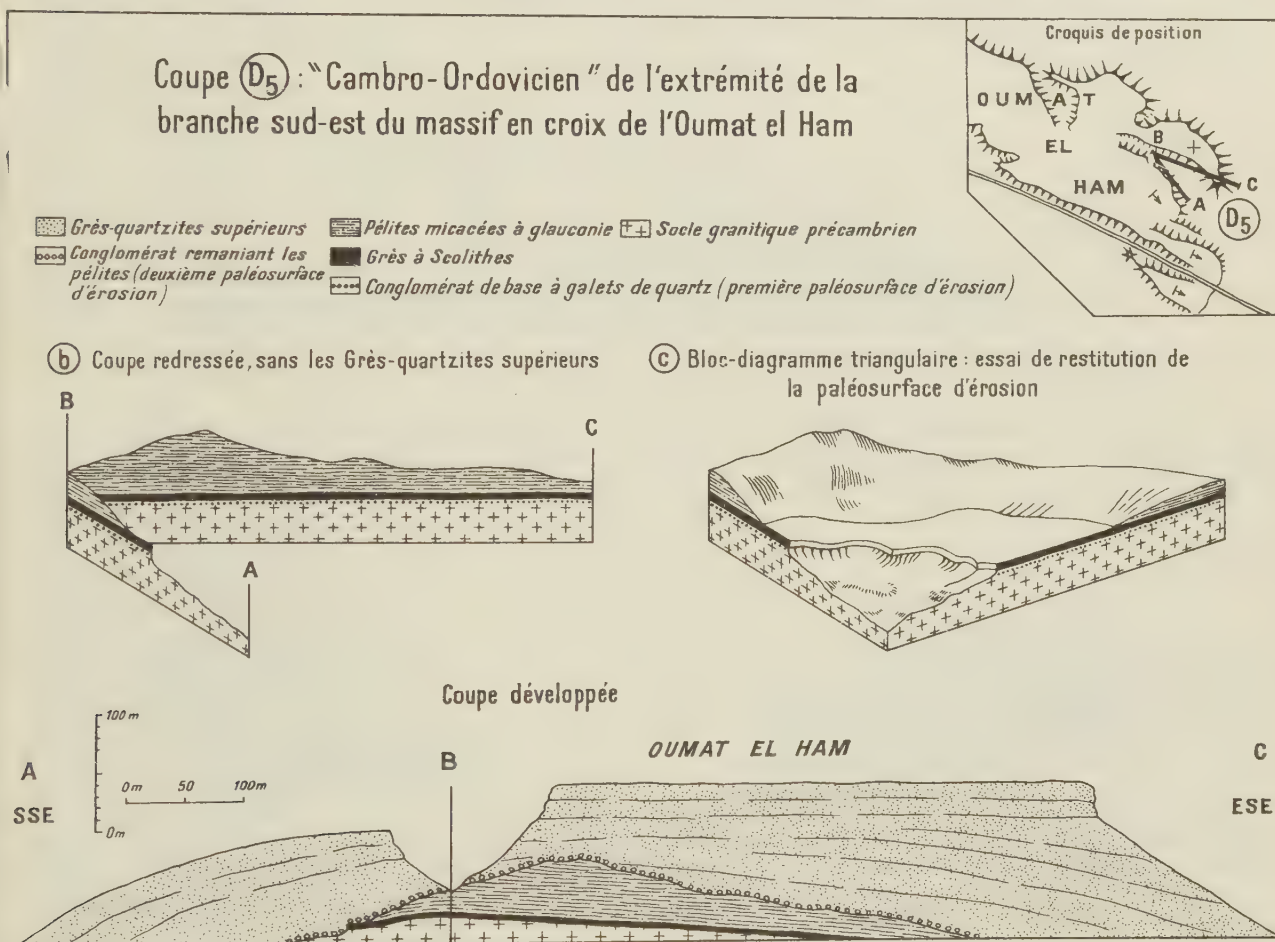


FIGURE 27

La juxtaposition de plusieurs blocs-diagrammes analogues permettrait de reconstituer toute la paléosurface de la région de l'Oumat el Ham.

3° Coupes de la Garat el Hamoueid occidentale (Coupes H₄ et H₅)

On a déjà vu (p. 98) une coupe transversale H₁ faite dans cette grande butte. On étudiera maintenant deux coupes qui en compléteront la connaissance.

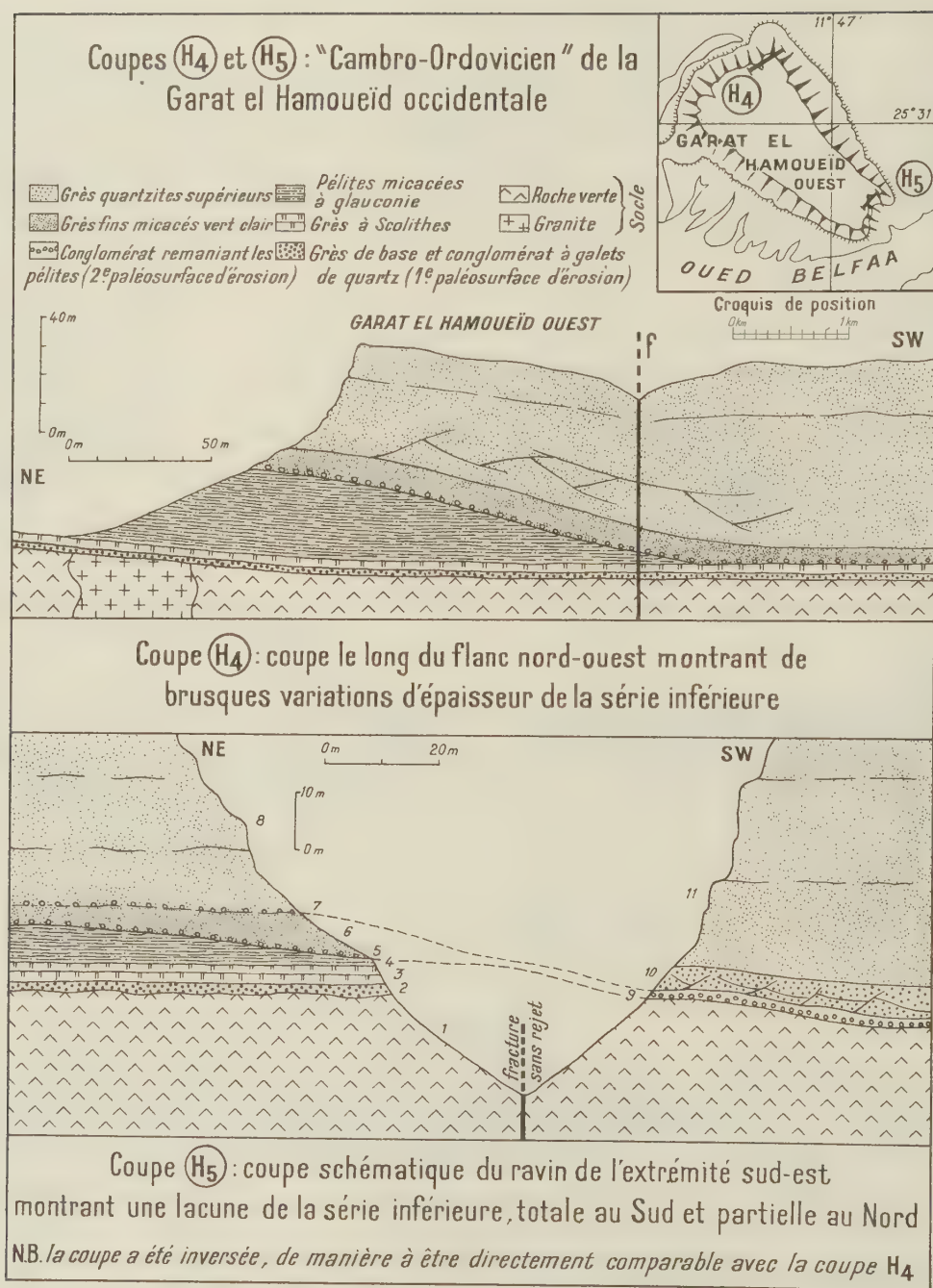


FIGURE 28

La coupe H₄ est orientée NE-SW et suit le flanc nord-ouest de la butte (voir croquis de position de la fig. 28). Elle correspond à ce que l'on verrait en regardant la falaise de face, si les éboulis étaient enlevés. Elle montre une fois de plus une colline de pélites sur un « socle » de grès à Scolithes. Mais, cette fois, les pentes sont plus fortes et la puissance des pélites passe rapidement de 30 à 0 m. Le conglomérat existe toujours, mais il est très difficile à voir sous les éboulis. Les grès

supérieurs débutent par des grès vert clair à grain fin; les grès-quartzites n'apparaissent qu'une dizaine de mètres plus haut. Comme dans les exemples précédents, la première surface d'érosion, fossilisée par les grès feldspathiques et les grès à Scolithes, était très plane et son gauchissement actuel est dû à la tectonique hercynienne.

La coupe H₅ (fig. 28), de même orientation, est située à l'opposé de la précédente; elle suit la falaise sud-est de la butte. Elle est sensiblement perpendiculaire à la coupe H₁ (fig. 22). Sur les deux flancs d'un petit ravin déterminé par une fracture sans rejet, les couches du « Cambro-Ordovicien » ne se correspondent pas. Sur le flanc nord-est, la coupe correspond à celle déjà décrite dans la coupe H₁ : la série inférieure, reposant sur des roches vertes (1), comporte la totalité des grès de base (2) et des grès à Scolithes (3) et une portion très réduite, de 1 à 6 m de l'ensemble argiles et pélites à glauconie (4). La puissance de ce dernier niveau diminue vers le Sud. Le tout est surmonté par les grès vert clair (6) et les grès-quartzites supérieurs (8). Le conglomérat remaniant les pélites existe au sommet des grès vert clair (7). Sa présence, sous ces mêmes grès, bien que supposée (5), n'a pas été directement observée (p. 99).

Sur l'autre flanc, les grès supérieurs débutent directement sur le socle par le conglomérat à débris de pélites (9) (éch. 2174), bien observé cette fois, surmonté de quelques mètres de grès grossiers ocreux à stratification entrecroisée (10), puis des grès-quartzites habituels (11).

Les deux flancs du ravin sont donc très différents; grâce au conglomérat à débris de pélites, on peut toutefois établir la correspondance. Sur le flanc sud-ouest, l'érosion de la première formation a été totale, sur le flanc nord-est, elle n'a été que partielle.

4° *Reconstitution de la topographie fossile à l'emplacement des Garat el Hamoueïd*

En faisant le tour complet des deux buttes principales des Garat el Hamoueïd, on peut, malgré les éboulis, se faire une idée de l'ancienne topographie en observant les variations de puissance de la première série (socle, grès feldspathiques, grès à Scolithes et pélites à glauconie) sous la falaise des grès supérieurs. L'étude combinée de la carte géologique (feuille Oumat el Ham au 50 000^e) et des différentes coupes décrites, permet de reconstituer cette paléosurface conservée sous les grès supérieurs. C'est ce que l'on a tenté de faire sur la figure 29. Le bloc-diagramme présenté comporte une grande part d'extrapolation, du fait que les témoins qui nous restent sont minimes.

Toutefois, là encore, on peut préciser que le relief était essentiellement constitué par des collines plus ou moins accidentées, modelées dans les pélites. Au moment du dépôt des sables dont proviennent les grès supérieurs, toute la zone des Garat el Hamoueïd était fortement décapée : la principale colline de pélites, située au Nord, ne dépassait guère une trentaine de mètres au-dessus du granite (tout au moins pour la partie conservée). La partie la plus érodée, entièrement entaillée dans le socle granitique, se trouvait à l'Est.

C'est donc un relief jeune, comme le relief actuel. Par contre la surface topographique conservée sous les premiers dépôts paléozoïques était très aplanie, comme nous l'avons déjà constaté pour les régions voisines des deux Oumat. Elle correspond à un relief très évolué, vraisemblablement proche de l'horizontale.

5° *Reconstitution de la topographie fossile de l'Oumat Chaggag*

En utilisant les coupes déjà décrites de l'Oumat Chaggag, et la carte géologique levée (feuille Aïdiate), on peut également essayer de se faire une idée du modelé des anciennes surfaces topographiques fossilisées de ce massif.

Là encore, il apparaît nettement que la première surface d'érosion conservée, celle qui se trouve à la base du Primaire, était parfaitement aplanie, avec probablement un léger abaissement vers le Sud.

La deuxième, au contraire, reste toujours caractérisée par un modelé assez accidenté, formant des collines de 60 à 115 m, séparées par des creux (sections possibles de rivières dont seule une

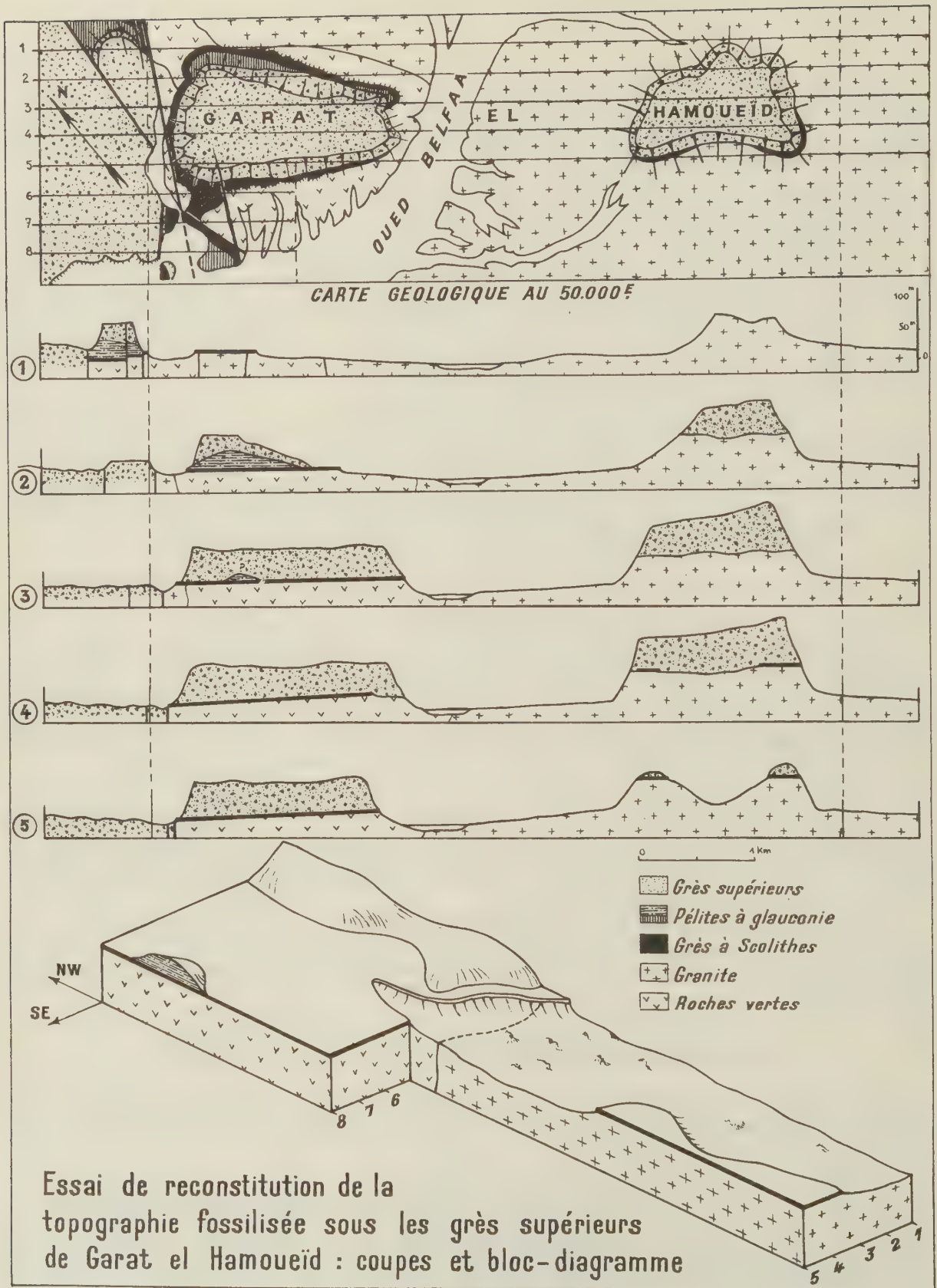


FIGURE 29

étude très détaillée permettrait de déterminer les contours). L'érosion a modelé des buttes aux formes arrondies, et, par endroits, a atteint les grès à Scolithes, les grès feldspathiques et même les granites du socle (voir coupes C₃ et C₄, fig. 24 et 25). C'est surtout du côté est que l'érosion a été la plus forte, puisque là les grès supérieurs reposent souvent directement sur le socle granitique, sans aucun reste de la première série.

Vue du flanc sud de la montagne sud-ouest de l'Oumat Chaggag
(montrant la diminution d'épaisseur vers l'Est des pélites micacées à glauconie)

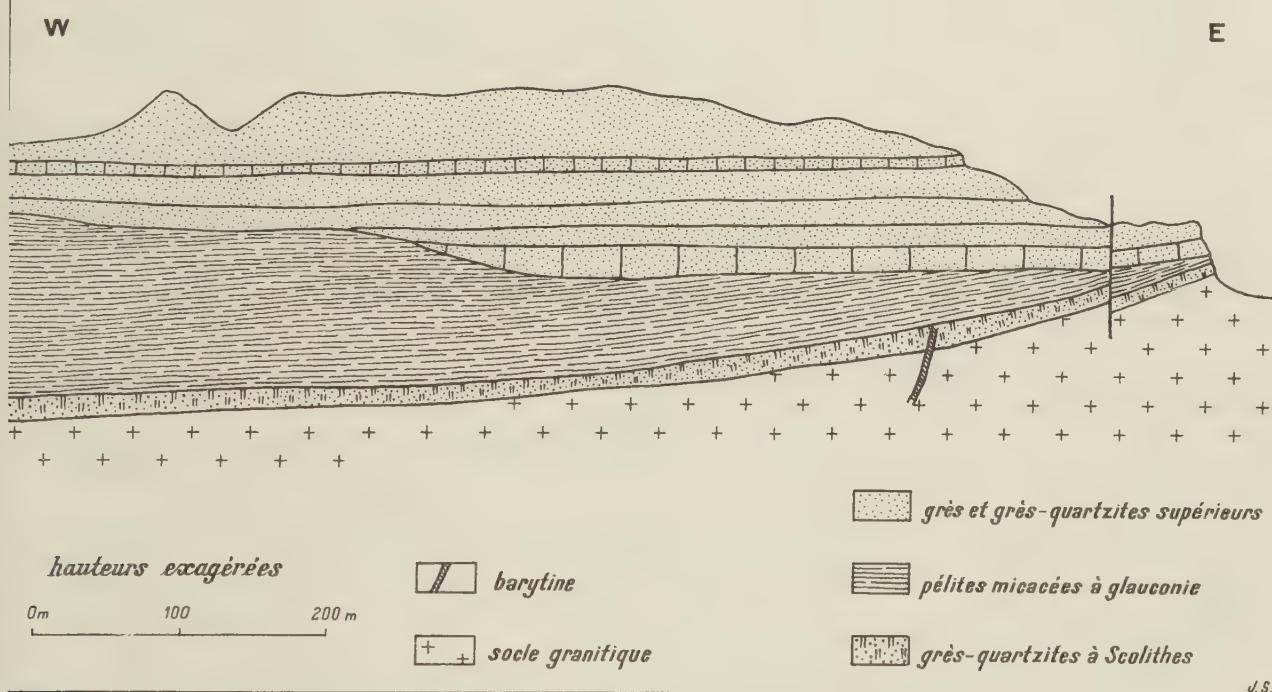


FIGURE 30

La coupe schématique de la figure 30 représente la face sud de la montagne sud-ouest de l'Oumat Chaggag. C'est le long de cette falaise qu'on voit le mieux la disparition vers l'Est des pélites micacées à glauconie qui passent de 40 à 15, puis 5 et enfin 0 m. Les grès à Scolithes eux-mêmes finissent par disparaître.

IV. — Conclusions

Au début de cette étude stratigraphique du « Cambro-Ordovicien », nous avons démontré que les diminutions de puissance, puis les lacunes complètes vers le Nord, des dolomies à Stromatolithes, des grès feldspathiques et des grès à Scolithes, s'expliquaient par le caractère transgressif de ces formations.

Mais aucune hypothèse de ce genre ne pouvait être formulée pour expliquer les irrégularités anarchiques de puissance constatées dans la formation des pélites à glauconie et dans celle des grès supérieurs la surmontant, et ceci sur des distances horizontales parfois très courtes. Les coupes présentées ensuite (p. 97 à 107) ont montré que ces pélites micacées à glauconie pouvaient avoir, dans certains cas, des puissances anormalement réduites et même disparaître localement dans leur totalité; dans ce dernier cas, les formations sous-jacentes (grès à Scolithes et grès feldspathiques) pouvaient disparaître également. On doit tout de suite renoncer à expliquer ces anomalies par des terminaisons en biseau, par des passages latéraux ou par des changements de faciès. Si, en quelques points de l'Oumat Chaggag, ces disparitions brutales d'une série apparemment régulière, sont au voisinage de failles qui pourraient à la rigueur les expliquer, la plupart du temps, elles se trouvent dans des zones restées stables.

On est alors conduit à proposer l'interprétation suivante : *il existe dans le système du « Cambro-Ordovicien » deux séries sédimentaires distinctes qui sont totalement indépendantes. La deuxième repose indifféremment sur n'importe quel terme de la première, ou même directement sur le socle. La surface sur laquelle s'est déposée cette deuxième série est une paléosurface d'érosion et la discontinuité qu'elle souligne peut être considérée comme une discordance de ravinement. Elle se matérialise sur la carte au 50 000^e par une discordance cartographique, visible notamment dans les massifs de l'Oumat Chaggag et surtout de l'Oumat el Ham.*

Il devient donc nécessaire, pour comprendre et pour étudier l'échelle stratigraphique du « Cambro-Ordovicien », de diviser ce système en deux séries différentes. C'est ce qui a été proposé dans une note préliminaire (J. SOUGY, 1956). La première des deux séries a été nommée *série de l'Oumat el Ham*, du nom du massif où elle affleure particulièrement bien, et où nous l'avons principalement étudiée. La deuxième, constituée par les grès supérieurs, a été nommée *série de Garat el Hamoueïd*, du nom des deux buttes où elle est presque seule à affleurer, l'érosion ayant emporté la majeure partie de la première série. Ces définitions sont consignées dans le Lexique stratigraphique international (1956, vol. IV, fasc. 2, p. 47 et 31).

La coupe faite le long de la branche sud-est du massif en croix de l'Oumat el Ham (coupe D₂, Pl. I) est celle qui illustre le mieux cette importante discontinuité entre les deux séries. Mais de nombreuses autres coupes sont venues la confirmer.

Par la suite, l'étude minutieuse de coupes, non plus en travers des falaises, mais en les suivant en long, a permis de se faire une meilleure idée de l'allure des paléosurfaces d'érosion conservées à la base de chacune des deux séries.

Nous avons vu que la première série s'est déposée sur une surface très plane, pénéplaine très évoluée dont la pente vers le SSW devait être très progressive. La régularité des minces dépôts des grès à Scolithes, à la base de la série de l'Oumat el Ham, dans la région des Oumat, en témoigne. Les différents niveaux de cette série sont bien stratifiés, et évoquent une sédimentation marine régulière que confirmera plus loin l'étude pétrographique.

Par contre la deuxième série s'est déposée sur une surface bien plus mouvementée, qui correspondait à un relief beaucoup plus jeune : relief de collines arrondies, modelées dans les pélites, avec à la base de petites falaises entaillées dans les grès à Scolithes. C'est pourquoi les premiers dépôts de la série de Garat el Hamoueïd sont souvent obliques par rapport à ceux de la série de l'Oumat el Ham. En effet les premières couches se sont déposées parallèlement aux pentes et non parallèlement aux couches de la première série. De là l'existence d'une discordance où la série supérieure est oblique par rapport à la série inférieure horizontale, alors que la notion de discordance évoque plus généralement le contraire. Cette discordance angulaire, d'un type particulier, n'est donc pas d'origine tectonique : il s'agit de ce que nous avons appelé une *discordance de ravinement* (R. DARS et J. SOUGY, 1957). Cette obliquité de la série supérieure, bien visible sur deux photos (Pl. I, fig. 1; Pl. II, fig. 2), s'atténue progressivement à mesure que les creux sont comblés, et vers le sommet les deux séries redeviennent des dépôts parfaitement parallèles.

De plus, dans toute la formation supérieure, on observe de larges stratifications entrecroisées qui contrastent vivement avec la régularité des couches de la série inférieure.

Enfin, le brutal changement de faciès entre les dolomies à *Stromatolithes* et les grès feldspathiques grossiers, laisse supposer une autre discontinuité, vraisemblablement une lacune entre les dolomies à *Stromatolithes* et les formations grésoschisteuses de la série de l'Oumat el Ham.

C'est pourquoi il a été proposé, par la suite, de subdiviser la série de l'Oumat el Ham en deux formations distinctes; la première, constituée par le complexe des dolomies à Stromatolithes est la *série d'El Thlethyate*, du nom d'un massif où elle est bien représentée (Coupe A, p. 68); elle correspond aux niveaux 1 et 2 de la coupe synthétique. La deuxième, comprenant le reste de la série de l'Oumat el Ham est nommée *série de l'Oumat el Ham sensu stricto*; elle comprend les niveaux 3 à 8 de la coupe synthétique. Ces définitions ont été précisées dans une autre note préliminaire (J. Sougy, 1957).

On aboutit alors au schéma stratigraphique suivant pour l'ensemble sédimentaire compris entre le socle granitique et le Gotlandien, ensemble classiquement défini par les termes de « Cambro-Ordovicien » ou de Tassilis internes :

Séries définies	Niveaux	Niveaux coupe synthétique
<i>Série de Garat el Hamoueïd</i> (série des grès supérieurs)	b. grès et grès-quartzites à stratification entrecroisée a. conglomérat à galets de pélites vertes	15-15 bis 14
Discordance de ravinement		
<i>Série de l'Oumat el Ham sensu stricto</i> (série à <i>Scolithus</i> et à <i>Acrothele</i>)	e. pélites micacées vertes à niveaux glauconieux d. argiles vertes à <i>Acrothele</i> c. grès à <i>Scolithus</i> b. grès feldspathiques grossiers bigarrés a. conglomérat de base à galets de quartz	8 6 5 4 3
Lacune probable		
<i>Série d'El Thlethyate</i> (série à Stromatolithes)	b. dolomies et grès dolomitiques à Stromatolithes a. conglomérat de base	2 1

TABLEAU n° 6

Nous verrons dans les pages suivantes que ce tableau, qui jette des lumières nouvelles sur le « Cambro-Ordovicien » du Zemmour, reste encore incomplet.

E. — MISE EN ÉVIDENCE DE NOUVELLES FORMATIONS AU SOMMET DE LA SÉRIE DE L'OUMAT EL HAM

Une fois démontrée sur le terrain l'existence de deux séries indépendantes dans la stratigraphie du système « cambro-ordovicien », on pouvait se demander :

- 1° quelle était la puissance totale des pélites à glauconie, dont le toit est plus ou moins érodé;
- 2° si la série de l'Oumat el Ham ne comportait pas, au-dessus des pélites à glauconie, d'autres niveaux ayant échappé aux observations.

En effet, comme la série de l'Oumat el Ham est ravinée, tout laisse supposer qu'avant cette érosion, la série était plus puissante; si ses termes supérieurs nous sont inconnus, il n'est pas impossible que quelques témoins en aient été conservés par endroits.

En étudiant le massif de l'Oumat el Ham minutieusement et avec cette idée préconçue, j'ai pu effectivement trouver de nouveaux termes jusqu'alors inconnus dans tout le Zemmour et qui sont stratigraphiquement au-dessus des pélites micacées à glauconie, mais concordants avec elles. Ils font donc encore partie du même ensemble, c'est-à-dire de la série de l'Oumat el Ham.

La zone d'affleurement actuellement connue de ces nouveaux terrains, très réduite, est à peine de 1 km². Elle se trouve dans le massif peu élevé situé au SW de l'Oumat el Ham, juste au Sud de la Sebkha Oudiate el Khyam, entre les embouchures des Oueds Ezrayeb et Belfaa (latitude : 25° 34' 20'' Nord; longitude : 11° 48' 30'' Ouest).

On étudiera successivement trois coupes très voisines prises dans cette zone, puis on essaiera d'en tirer les conclusions.

1° Coupe nord-sud au confluent de l'Oued Belfaa et de l'Oued Ezrayeb

(Coupe D₆)

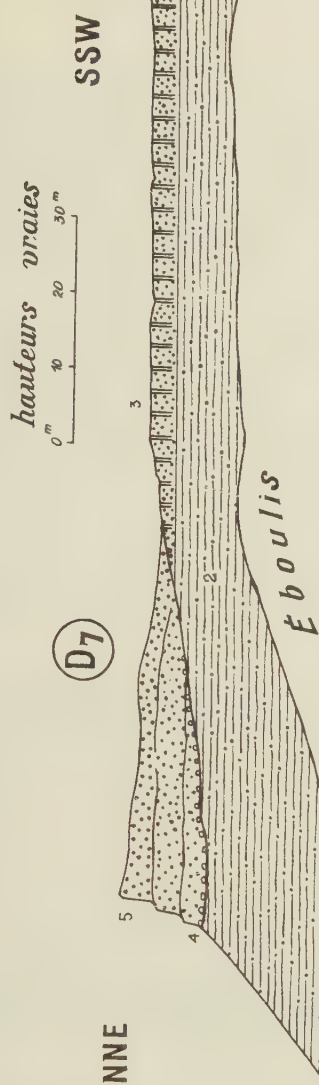
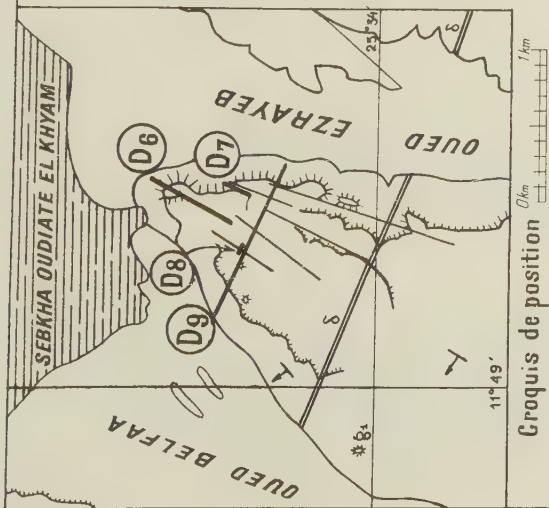
Comme le montre le croquis de position de la figure 31, la coupe D₆ est située exactement à la pointe nord du massif gréseux de faible altitude qui sépare l'Oued Ezrayeb de l'Oued Belfaa. Elle se présente comme suit :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₆ : Description des niveaux	Ech.
8			Alluvions de l'Oued Ezrayeb.	
7	4 m	15 bis	Grès blancs friables, hétérogènes, à stratification entrecroisée.	
6	12 m	15	Quartzite massif, à microgalets (diamètre de 1 à 3 mm) verts de pélite et d'argile, se débitant en blocs énormes formant entre eux des « corridors ».	
5	0,3 m	14	Grès grossier à tendance conglomératique, à galets de quartz épars et à débris de pélites vertes atteignant 3 cm.	
4	4 m	11	Grès-quartzite gris clair à très longs Scolithes rectilignes.	
3	30 m	8	Pélites vertes micacées dont le sommet est masqué par des éboulis.	
2	0 à 0,1 m	8 bis	Petit niveau intermittent de calcaire silteux poecilithique à belles structures cone-in-cone.	2180
1	5 m	8	Pélites vertes micacées.	

Le relief de cette colline consiste en une petite falaise qui couronne un talus de roches plus tendres. A première vue, il semble que les grès à Scolithes du niveau 4 appartiennent à l'ensemble des grès supérieurs, puisqu'ils sont exactement dans leur prolongation lorsqu'on se dirige vers le Sud. C'est pourquoi j'avais tout d'abord envisagé d'en faire un changement de faciès des grès supérieurs.

En réalité, un examen plus approfondi montre que ces grès-quartzites à Scolithes très longs, un peu différents de ceux que l'on est habitué à voir dans le massif de l'Oumat el Ham, sont parfaitement concordants avec les pélites à glauconie du niveau 3 de la coupe. Les grès supérieurs (5, 6 et 7 de la coupe) les recouvrent en discordance de ravinement, comme ils recouvrent indifféremment tous les termes déjà connus de la série de l'Oumat el Ham. Au-dessus des pélites vertes, ils débutent par un conglomérat remaniant celles-ci, mais sur les grès à Scolithes, ils reposent directement, sans conglomérat.

Coupes D₆ et D₇, à l'embouchure de l'Oued Ezrayeb,
montrant les grès supérieurs en discordance de ravinement
sur les grès à Scolithes supérieurs



*Falaie vue en long d'un point situé à l'Est; le schéma
est inversé pour que le Nord soit à gauche comme D₆*

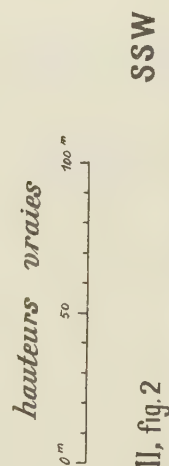


Photo Pl. II, fig. 2

OUMAT EL HAM

NNE

Oued Ezrayeb

8

1

2

3

5

6

7

FIGURE 31

Ce niveau de grès-quartzite à Scolithes, d'une puissance de 4 à 5 m, est donc un niveau appartenant à la série de l'Oumat el Ham et qui est situé au toit des pélites à glauconie. C'est donc un niveau qui ne nous était pas encore connu. Nous appellerons cette nouvelle formation les *grès à Scolithes supérieurs* (niveau 11 de la coupe synthétique des tableaux stratigraphiques).

Au-dessus du banc à Scolithes, on retrouve les grès supérieurs, à belles stratifications obliques, de la série de Garat el Hamoueïd, mais ici le conglomérat à galets de pélite n'existe plus. Ceci s'explique facilement : au moment du dépôt des grès supérieurs, les pélites, encore horizontales, se trouvaient à un niveau plus bas que les grès à Scolithes supérieurs; des galets de pélites ne pouvaient donc pas se déposer sur eux.

La fig. 2 de la Pl. II, dont la position est précisée sur la coupe D₆, montre bien la discordance qui existe entre les deux séries : en bas, la série de l'Oumat el Ham est représentée par les grès-quartzites à Scolithes supérieurs; les Scolithes sont bien verticaux, donc les grès sont bien horizontaux. Au-dessus, reposant sur une surface d'érosion à pente de 30°, viennent des grès-quartzites à stratification entrecroisée appartenant à la série de Garat el Hamoueïd. Comme on l'a déjà noté en plusieurs endroits, c'est la série supérieure qui s'est déposée obliquement, tout au moins à sa base, sur la série inférieure érodée mais restée horizontale.

2° Coupe en long de la falaise à l'embouchure de l'Oued Ezrayeb (Coupe D₇) et coupe de détail (Coupe D₈)

Dans la coupe précédente, les éboulis provenant du démantèlement des grès supérieurs masquaient la partie supérieure des pélites micacées à glauconie situées juste sous les grès à Scolithes supérieurs.

Une petite coupe (D₇) faite dans une échancrure de la falaise que longe l'Oued Ezrayeb (croquis de position de la fig. 31) permet de combler cette lacune.

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₇ : Description des niveaux	Ech.
5	0 à 8 m	15	Grès-quartzite grossier, irrégulier, massif, en nette discordance sur les pélites et les grès à Scolithes supérieurs.	
4	0,15 m	14	Conglomérat remaniant les pélites.	
3	4 à 5 m	11	Grès-quartzite à Scolithes supérieur gris clair. En surface certains bancs donnent des grès gris à taches rondes plus claires, ou à trous, dus aux sections transversales des Scolithes. Très beaux Scolithes abondants, longs et serrés, toujours disposés verticalement.	
2	8 m	8	Partie supérieure des pélites (le dernier mètre au contact avec le niveau 3 n'est pas bien visible); certains bancs sont des pélites et siltstones micacés en plaquettes mais, vers le sommet, apparaît un faciès de « schistes cartons ».	
1	20 m visibles	8	Pélites et siltstones micacés verts.	

Cette coupe montre donc la partie supérieure des pélites. On observe que vers le sommet les niveaux glauconieux semblent manquer et que les pélites prennent un faciès de « schistes cartons » se débitant en larges feuilles. Le contact précis entre les niveaux 2 et 3, non visible ici, peut être étudié un peu plus loin, près d'un gros tamaris repère (« fersig »), sous les grès à Scolithes supérieurs excavés par un petit rû. La coupe de détail relevée est la suivante (coupe D₈, fig. 32) :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₈ : Description des niveaux	Ech.
4	2 m	11	Grès-quartzite massif à <i>Scolithus</i> de grande longueur.	
3	0,3 m	10	Grès-quartzeux ferrugineux grossier à tendance conglomératique.	2184
2	0,1 m	9	Argile altérée, avec efflorescence de gypse probablement secondaire.	
1	0,3 m visible	9	Pélite fine très argileuse, à muscovite, salée, contenant une petite empreinte en Y indéterminable.	2183

Ces deux coupes nous permettent donc de préciser que la formation des pélites à glauconie se termine par 8 m de pélites micacées prenant un faciès de « schistes cartons », et couronnées par une mince couche d'argile noire, d'une puissance probablement inférieure à 1 m.

La deuxième montre de plus que les grès à *Scolithes* supérieurs débutent par un grès grossier à tendance conglomératique, indiquant un brutal changement dans les conditions de sédimentation. A quelques mètres de la coupe, j'ai trouvé un conglomérat non en place, mais de même aspect que ce grès grossier, et qui semble bien appartenir au même niveau (échantillon 2185). Ce conglomérat est très riche en nodules noirs ou gris, de 0,5 à 3 cm de diamètre, de phosphates gréseux ou pélitiques.

Donc, sans qu'on puisse absolument l'affirmer, il semble bien que les grès à *Scolithes* supérieurs débutent par un niveau conglomératique à nodules phosphatés. Le banc lui-même, qui a ici une puissance de 4 à 5 m, est plus massif que ceux des grès à *Scolithes* inférieurs; la roche est un grès-quartzite plus franc et les *Scolithes* sont beaucoup plus longs.

3° Coupe transversale WNW-ESE de l'Oued Ezrayeb à l'Oued Belfaa (Coupe D₉)

Cette dernière coupe (fig. 32) est également très importante, car elle prouve en outre l'existence, au-dessus de ces nouveaux grès à *Scolithes*, d'une autre formation constituée de grès argileux schisteux gris verdâtre, dont on voit affleurer environ 6 m. Ces grès schisteux sont concordants avec les grès à *Scolithes* supérieurs; ils appartiennent donc toujours à la série de l'Oumat el Ham. Ils sont par contre recouverts en discordance par les grès supérieurs. La coupe se présente de la façon suivante :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₉ : Description des niveaux	Ech.
11			Alluvions.	
10	1 m	18	Calcaire bleu noir à <i>Camarotoechia</i> sp. e. g. <i>borealis</i> .	2160
9	2 m	17	Gypse.	
8	6 m	16	Schistes à Graptolites (voir coupe D ₁₀).	2159
7	5-8 m	15	Grès grossiers blancs plus ou moins friables peu épais, à stratification entrecroisée; un peu plus au Sud, cette formation est surmontée par le Gothlandien (niveaux 8 à 10).	
6	6 m env.	12	Grès schisteux silteux un peu micacé, fortement argileux, gris verdâtre.	2188
5	5 m	11	Grès-quartzite à <i>Scolithus</i> , gris clair ou blanc, passant localement à un véritable quartzite. En surface donne des grès perforés bien caractéristiques.	2187 2186

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₉ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
4	0 à 0,3 m	10	Grès quartzeux ferrugineux grossier à tendance conglomératique (et, non en place, conglomérat à nodules phosphatés).	2184 2185 ?
3	0,4 m	9	Argiles pélitiques noires (voir détail sur coupe D ₈).	2183
2	8 m	8	Pélites micacées se débitant en grandes plaques (schistes cartons), avec des bancs plus durs, ferrugineux, de 4 à 5 cm de puissance.	
1	25 m env.	8	Pélites micacées plus ou moins glauconieuses.	

Cette coupe est la seule ayant révélé l'existence de ces grès pélitiques argileux. Venant juste au-dessus des grès à *Scolithes* supérieurs, ils correspondent dans la coupe synthétique du « Cambro-Ordovicien » au niveau 12.

Ils affleurent, sous forme de petites buttes posées sur les grès à *Scolithes* et qui disparaissent sous les grès supérieurs à stratification entrecroisée. Sur le terrain ces buttes sont facilement repérables grâce à la présence voisine de quelques « fersig », espèce de *Tamaris* sans tronc, vivant dans les sebkha.

Ici les grès supérieurs sont très minces. On connaît en effet leur puissance (moins de 10 m) puisqu'ils sont recouverts à 1,3 km au SW par une petite butte de Gotlandien (voir coupe D₁₀, p. 221). Leur minceur en ce point s'explique facilement : dans cette région, au moment du dépôt des sables supérieurs, la série de l'Oumat el Ham avait conservé une grande puissance; c'est pourquoi seule la partie supérieure des sables a pu la recouvrir.

4° Conclusions

Ces coupes, entre l'Oued Belfaa et l'Oued Ezrayeb, sont fondamentales, car :

a) elles confirment la discordance de ravinement séparant les séries de l'Oumat el Ham et de Garat el Hamoueïd;

b) elles nous montrent que la série de l'Oumat el Ham n'était pas connue dans son ensemble, et nous révèlent l'existence de deux nouvelles formations situées au toit des pélites à glauconie et concordantes avec ces dernières; à savoir de bas en haut :

- les grès-quartzites à *Scolithes* supérieurs;
- les grès argileux schisteux.

c) elles nous montrent que les pélites se terminent par un petit niveau d'argile pélitique noire, et que l'on revient ensuite brusquement à des faciès détritiques grossiers qui sont une récurrence des faciès de la base de la série de l'Oumat el Ham.

Toutes les données de ces coupes sont regroupées dans le log synthétique de la figure 32.

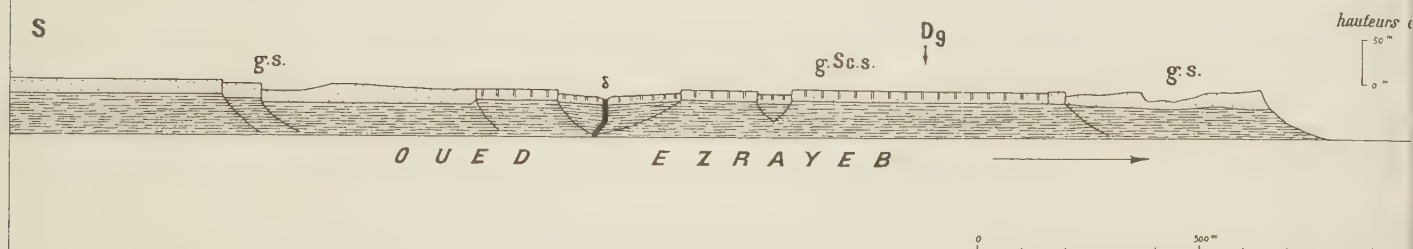
Les grès à *Scolithes* supérieurs sont plus consolidés que les inférieurs; ce sont surtout des grès fortement quartzifiés. Ils ont une puissance de 5 m. En affleurements horizontaux, ils ressemblent beaucoup aux grès supérieurs; mais ils s'en distinguent par la présence de trous qui correspondent aux sections transversales des tubes verticaux de *Scolithes*. Pour cartographier la limite entre les deux catégories de grès quand elles sont en contact, il suffit d'observer l'endroit où s'arrêtent les « grès à trous ». La zone d'affleurement est d'ailleurs très réduite.

Les grès argileux schisteux sont encore beaucoup plus limités. Ils représentent le sommet actuellement connu de la série de l'Oumat el Ham; on en connaît une puissance de 6 m.

Mais tout laisse supposer que ce n'est pas encore là le toit de la série. La partie supérieure, inconnue, peut rester à l'état de témoins, sinon en affleurements, tout au moins sous la carapace de

Coupes $\textcircled{D_8}$ et $\textcircled{D_9}$: Étude des niveaux supérieurs de la série de l'Oumat el Ham,
entre les Oueds Ezrayeb et Belfaa (Oumat el Ham)

VUE PANORAMIQUE
de la rive gauche de l'Oued Ezrayeb



COUPE $\textcircled{D_9}$

WNW
Oued BELFAA

ESE

WNW

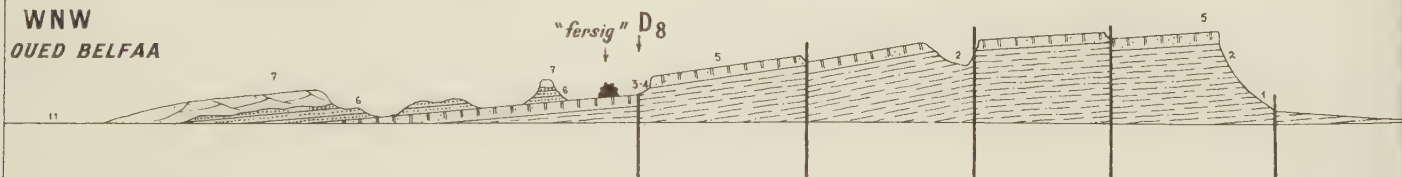
Oued E

1,3 km au Sud de la coupe principale

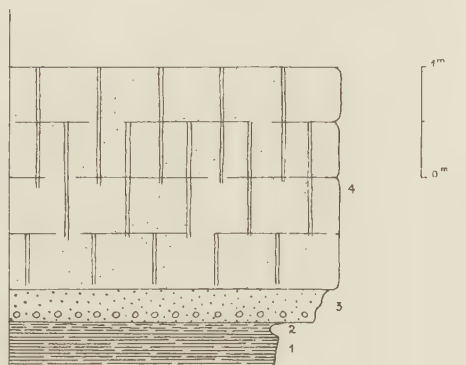
250 m au Nord de la coupe principale

WNW
Oued BELFAA

"fersig" D₈



COUPE DE DÉTAIL (D₈)

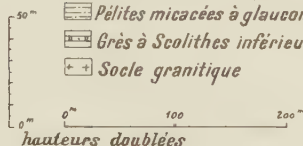


doublees
N

1 km

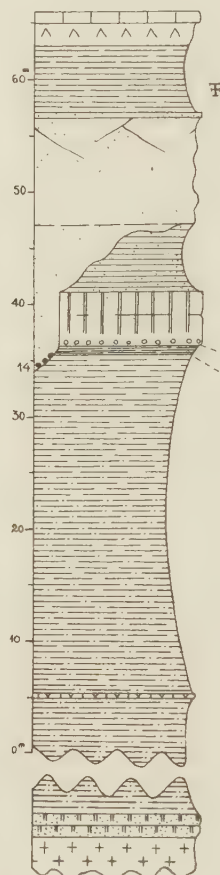
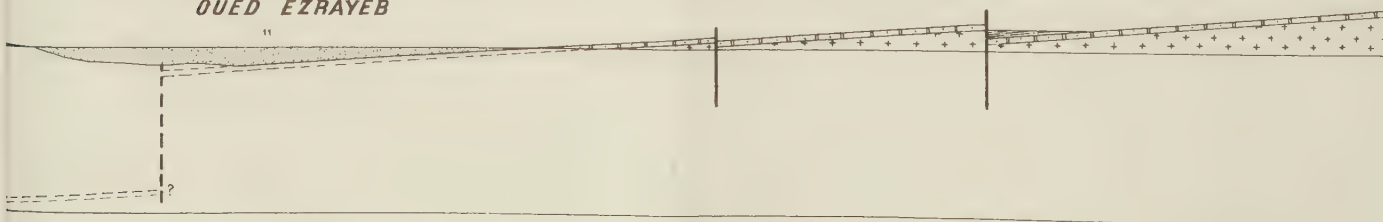
ESE
EZRAYEB

- | | | |
|--|------------------------------------|------------------------------|
| | Calcaires bleu noir | } GOTLANDIEN |
| | Gypse | |
| | Schistes à <i>Monograptus</i> | } SÉRIE DE GARAT EL HAMOUEÏD |
| | Grès supérieurs | |
| | Grès argileux schisteux | } SÉRIE DE L'OUMAT EL HAM |
| | Grès à <i>Scolithes</i> supérieurs | |
| | Pélites micacées à glauconie | } PRÉCAMBRIEN |
| | Grès à <i>Scolithes</i> inférieurs | |
| | Socle granitique | |



Oued EZRAYEB

11



16-18 Gotlandien

14-15 Grès supérieurs

12 Grès schisteux argileux
de l'Oued Ezrayeb

11 Grès à *Scolithes* supérieurs

10 Conglomérat phosphaté

9 Argile noire pétitique

8 Pélites micacées
à glauconie

(8bis) Niveau calcaire à
cone-in-cone

5 Grès à *Scolithes* inférieurs
Socle granitique

ESE

grès supérieurs. Autrement dit, des sondages futurs pourraient encore contribuer à la connaissance de la stratigraphie de la série de l'Oumat el Ham, en recoupant sous la série de Garat el Hamoueid des termes plus élevés qui nous sont masqués en surface.

Puisqu'on connaît maintenant le mur et le toit des pélites à glauconie, il devrait être facile d'en mesurer la puissance. Malheureusement ce mur (grès à Scolithes inférieurs) et ce toit (grès à Scolithes supérieurs) sont séparés par l'Oued Ezrayeb (voir coupe D₆, fig. 32). Et la région est littéralement hachée de petites failles NNE-SSW qui compliquent les mesures. Et notamment, une faille importante, visible plus au Nord, où elle recoupe la corne nord-ouest du massif en croix de l'Oumat el Ham, et plus au Sud, près des Garat el Hamoueid, passe probablement sous les alluvions de l'Oued Ezrayeb. Son rejet qui est d'une cinquantaine de mètres au Nord, peut varier sous l'Oued Ezrayeb. L'appréciation de la puissance des pélites à glauconie devient donc aléatoire. Il semble que, compte tenu de ces failles et des pendages, on puisse parler de 120 m environ.

Enfin, ici encore, on pourrait essayer de reconstituer la forme du relief fossile conservé sous les grès supérieurs. En deux points, on observe des falaises taillées verticalement dans les grès à Scolithes supérieurs. Et comme le comblement par les sables de la série de Garat el Hamoueid est actuellement, par suite de l'érosion récente, au même niveau que le sommet de cette falaise, on arrive à des effets fort trompeurs, illustrés par la vue panoramique de la figure 32 : lorsqu'on regarde de face la falaise qui borde à l'Ouest l'Oued Ezrayeb, on a l'impression que la corniche qui couronne les pélites est constituée comme ailleurs par les grès de Garat el Hamoueid et par eux seulement. Elle est en réalité constituée au centre par les grès à Scolithes supérieurs, et sur les ailes, au Nord et au Sud, par les grès supérieurs de la série de Garat el Hamoueid, tous ces grès formant une corniche unique et continue.

Donc dans ce secteur, les collines de pélites devaient être plus élevées et couronnées par une petite corniche de 5 m de puissance de grès à Scolithes, elle-même surmontée, en retrait, par des reliefs plus mous de grès schisteux argileux. Mais les témoins qui nous restent de cette zone sont trop réduits pour que l'on puisse reconstituer le relief sous forme de bloc-diagramme.

F. — LES FACIÈS PUISSANTS DU « CAMBRO-ORDOVICIEN » DE L'OUEST

L'étude détaillée qui précède ne concerne que le « Cambro-Ordovicien » de la bordure orientale du synclinorium du Zemmour. A l'Ouest ces formations reparaissent dans les chaînes subméridiennes de la Guelta du Zemmour au Sud, de Dhlou au centre et du Sekken au Nord, ce dernier massif atteignant presque la Seguia el Hamra (fig. 33). L'étude de la chaîne de Dhlou était prévue pour 1956 et a été malheureusement suspendue à la suite des événements militaires. On ne pourra donc donner ici que quelques renseignements épars et succincts sur cet ensemble.

Il s'agit de formations beaucoup plus puissantes qu'à l'Est, de l'ordre de 2 000 m et dont on ne connaît pas la base, puisque le socle n'a pas encore été découvert dans les anticlinaux de ces chaînes.

1° Coupe de Khang Ezrayeb (Fig. 33, (1))

Khang Ezrayeb est la dernière passe de Dhlou vers le Nord, avant l'extrémité septentrionale de la chaîne au Taguilalet Ould Ahmed Salek. Le « Cambro-Ordovicien » grés-schisteux y forme une vaste structure périanclinale, largement crevée en son centre. Les affleurements sont mauvais, à cause de l'abondance des éboulis.

Au cœur de l'anticlinal, un affleurement laisse apparaître la formation la plus ancienne visible : des grès-quartzites légèrement feldspathiques, un peu micacés, blanc rosé, à Scolithes. Ensuite, à l'Ouest et à l'Est de cet affleurement, des roches vraisemblablement plus tendres sont cachées par des recouvrements récents. On observe toutefois en quelques points des argiles silteuses micacées et des siltstones. Les crêtes rocheuses qui les surmontent sont constituées par des quartzites et des

grès-quartzites, avec des pendages de 40° à l'Est et 30° à l'Ouest. Cette coupe peut se résumer comme suit, de haut en bas :

- c. 100 m grès-quartzites.
- b. 500 m talus et terrains couverts comportant des argiles silteuses et des siltstones verdâtres.
- a. 15 m grès-quartzites à Scolithes.

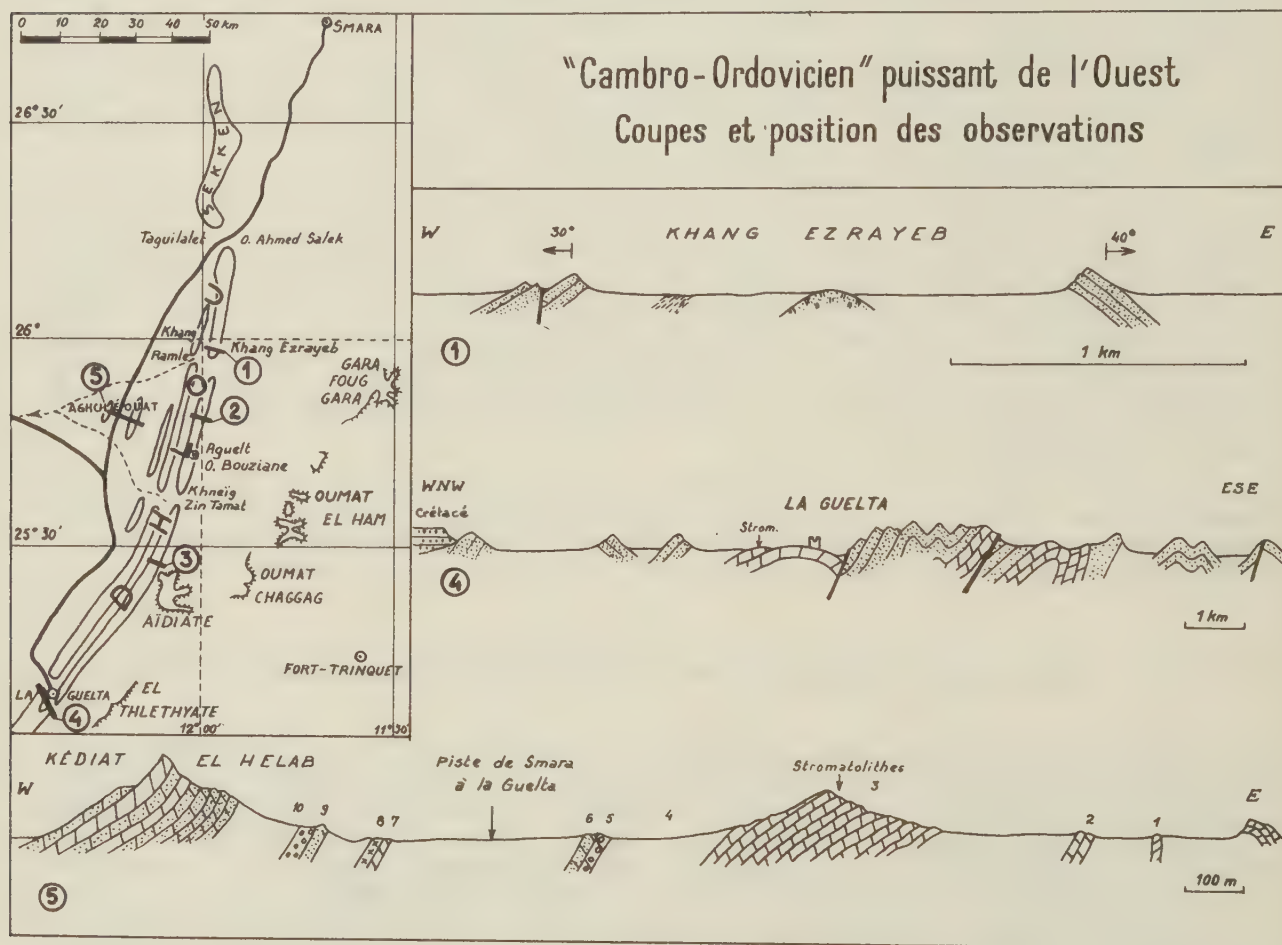


FIGURE 33

La série visible, entièrement détritique, a une puissance de l'ordre de 600 m au total. Il est prématuré et aléatoire de raccorder cette coupe à la stratigraphie mieux connue de la bande orientale. On pourrait penser que le cœur de l'anticlinal représente les grès à Scolithes inférieurs, et la zone masquée les pélites micacées de la série de l'Oumat el Ham. Les quartzites supérieurs, dans lesquels on n'a pas rencontré de Scolithes, pourraient représenter la série de Garat el Hamoueid.

J. BOROCO et R. NYSEN (1955, log. Z₂) ont observé dans ces grès un niveau conglomératique (éch. 21640). L'étude au microscope de ce conglomérat révèle la présence de petits galets de quartzites métamorphiques et de petits galets de phosphate silteux. Mais il n'est pas encore possible de raccorder de façon certaine ce conglomérat à l'un des conglomérats décrits dans les formations de l'Est.

2° Coupe du « Cambo-Ordovicien » de l'anticlinal d'Aguel Oudiate Bouziane

Je reprends ici le log établi par J. BOROCO et R. NYSSSEN (*ibid.*, log Z₄), n'ayant vu moi-même cette coupe que très rapidement. La coupe se trouve dans le grand anticlinal d'Aguel Oudiate Bouziane, à environ 11 km au NNE des oglats. Cet anticlinal est plus profondément érodé que l'anticlinal de Khang Ezrayeb, par suite d'un relèvement des axes tectoniques, et permet par conséquent une meilleure observation de la base de ces formations, constituée de dolomies. La coupe schématique est la suivante, de haut en bas :

g.	320 m	grès-quartzites massifs formant des corniches, alternant avec des grès plus tendres en talus.
f.	80 m	grès-quartzites à Scolithes très abondants.
e.	80 m	grès plus friables affleurant mal.
d.	250 m	argiles silteuses micacées brun verdâtre constituant des combes où les affleurements sont rares.
c.	170 m	grès-quartzites, à Scolithes, abondants surtout vers le sommet.
b.	30 m	grès grossiers.
a.	520 m	dolomies bleues, blanches et roses, comportant, surtout au sommet, des Stromatolithes (<i>Conophyton</i> en coupoles et <i>Collenia</i>), avec vers le milieu des dolomies gréseuses.
	1 450 m	

Comme sur la bordure orientale du Zemmour, on retrouve dans l'anticlinal d'Aguel Oudiate Bouziane, à la base une formation dolomitique à Stromatolithes, puis une première formation gréseuse à Scolithes, une série schisteuse, une deuxième série à Scolithes, et enfin des grès-quartzites massifs qui constituent l'essentiel des reliefs.

Dans cette zone, aucune discordance n'a été observée pour l'instant, entre les formations à Scolithes et les grès-quartzites du sommet. L'ensemble, qui n'avait dans l'Oumat el Ham qu'une puissance de l'ordre de 150 m, atteint ici 1 450 m, sans que l'on connaisse sa base; et cependant l'Oumat el Ham n'est, à vol d'oiseau, qu'à une trentaine de kilomètres.

3° Anticlinaux de Dhlou, à l'Ouest d'Aïdiatie

Dans cette région, on peut faire des observations analogues, mais les quartzites sont très fortement plissés et écaillés. Là encore les dolomies affleurent largement, sans jamais laisser apparaître le socle. Sur la feuille au 50 000^e de Bir Aïdiatie, une partie des grès a été attribuée au Cambrien, l'autre à l'Ordovicien, mais ceci reste très hypothétique.

Par contre le Gotlandien à *Scyphocrinus elegans* s'observe en plusieurs points de cette carte, en position synclinale au-dessus des quartzites, ce qui montre indéniablement que les grès de Dhlou sont « cambro-ordoviciens » et non pas dévoniens comme l'indiquent les cartes géologiques de M. ALIA MEDINA (1952, 1958) et de J. DE LA VIÑA et C. MUÑOZ CABEZON (1958) .

4° Anticlinal de la Guelta du Zemmour (Fig. 33, (4))

Lors d'un passage très rapide à la Guelta du Zemmour, j'ai pu constater que le poste militaire était situé sur un anticlinal, faillé à l'Est, dont le cœur est constitué de roches carbonatées à patine jaune ou bleue, à magnifiques *Conophyton*. Au-dessus vient une puissante série de grès à Scolithes dont sont constitués tous les chaînons de la région, qui disparaissent à moitié sous l'ennoyage des grès crétacés. Cette région a gardé un relief jeune et l'on est frappé par la ressemblance de certains paysages avec ceux de l'Anti-Atlas, ressemblance encore accentuée par la similitude des faciès.

Les Stromatolithes de la Guelta sont connus depuis F. JACQUET (1936, carnet de route n° 23), qui a également donné une coupe du massif (N. MENCHIKOFF et M. NICKLÈS, 1942, Pl. VI). La coupe présentée ici (fig. 33, (4)) est très schématique, car elle a été relevée lors d'un passage très rapide.

5° Coupe d'El Aghchéouat (Kédiat el Helab)

(Fig. 33 (5))

Cette coupe a été observée en compagnie de P. JACQUEMONT et A. PACHOUD, en mars 1959 (1). C'est la coupe située la plus à l'Ouest de la chaîne de Dhlou, que l'on connaisse actuellement. Les faciès dolomitiques y acquièrent un développement extraordinaire. Il n'est plus possible, en une tournée rapide, d'apprécier les puissances, à cause des répétitions tectoniques possibles, mais à l'Ouest de la Kédiat el Helab, on roule de façon continue sur des dolomies massives subverticales pendant 7 km, ce qui implique des épaisseurs jusqu'ici insoupçonnées se chiffrant vraisemblablement, comme dans l'Anti-Atlas, par milliers de mètres.

En allant vers l'Ouest, à partir du cœur d'un large anticlinal, on a successivement :

1. dolomies rouge vin verticales;
2. dolomies bleues;
3. dolomies bleues massives comportant quelques Stromatolithes silicifiés;
4. dépression masquée par des recouvrements récents;
5. conglomérat remaniant des dolomies et des quartzites, mais à ciment dolomitique (brèche intra-formationnelle ?);
6. dolomie gréseuse mauve, à débris de dolomie bleue;
7. dolomie blanche;
8. brèche fine, rose, à petits éléments de calcaire bleu (même type de roche que 5, mais beaucoup plus fine);
9. quartzite gris entrelardé de filonnets de quartz (fissures tectoniques);
10. conglomérat gréseux à galets de quartz;
11. grès dolomitiques roses, à stratification entrecroisée, et bancs de dolomies mauves, avec quelques débris de dolomie mauve remaniée;
12. dépression sans affleurement;
13. puissante formation de dolomies à patine bleu clair ou mauve, à pendage ouest de 70°, affleurant sur 7 km avant de disparaître sous des recouvrements récents.

Notons que pour M. ALIA MEDINA (1949b, p. 319), les « calcaires » de la Kédiat el Helab (Quedaya Helab) étaient considérés jusqu'ici comme « représentants probables du Dévonien moyen ».

6° Conclusions

Ces coupes, si elles manquent de précision, offrent toutefois un intérêt : elles montrent l'énorme développement qu'acquièrent vers l'Ouest les formations « cambro-ordoviciennes ». Les grès et les quartzites constituent la majeure partie des chaînons de la Guelta du Zemmour, de Dhlou et du Sekken. Leur puissance, difficilement appréciable à cause de la violence de la tectonique, est considérable, de l'ordre de 1 000 m dans la région d'Aguelte Oudiate Bouziane, mais probablement encore plus dans d'autres régions.

Les dolomies qui sont au-dessous n'affleurent pas semble-t-il, vers le Nord, au-delà de l'anticlinal d'Aguelte Bouziane. Au contraire vers le Sud, les axes anticlinaux se relèvent et laissent apparaître de très puissantes dolomies (600 m à Aguelte Oudiate Bouziane). A l'Ouest de la chaîne de Dhlou, se développent des dolomies massives encore beaucoup plus puissantes (probablement plusieurs milliers de mètres) et qui sont, en première approximation tout au moins, à rattacher à la même série. La série d'El Thlethyate acquiert donc vers l'Ouest des épaisseurs considérables, comparables aux puissances des calcaires adoudouniens dans l'Anti-Atlas occidental.

L'étude stratigraphique des séries schisto-gréseuses sus-jacentes n'est pas encore suffisamment avancée pour permettre des corrélations sûres avec les faciès de la bordure orientale. On remarquera, ici comme à l'Est, deux grands ensembles gréseux à Scolithes, séparés par des niveaux plus schisteux;

(1) Lors d'une tournée à laquelle participaient notamment MM. J. M. RIOS, J. DE LA VIÑA, C. MUÑOS CABEZON, C. W. HATTEN, W. B. HARRIMAN, R. KRAM et H. J. HEESCHEN.

les grès-quartzites du sommet n'ont pas livré jusqu'à maintenant de Scolithes (par exemple à Khang Ezrayeb ou à l'Ouest d'Aïdiate). Il faudra étudier plus en détail la série pour savoir si la discordance de ravinement connue à l'Est s'y retrouve, ou si la sédimentation, plus épaisse, est aussi plus continue.

Ces quelques observations suffisent à démontrer la subsidence considérable du bassin du Zemmour vers l'Ouest à cette époque « cambro-ordovicienne ». Les dolomies, riches en Stromatolithes sur la bordure orientale (El Thlethyate) et même dans le massif de la Guelta, semblent devenir « azoïques » à l'Ouest (El Aghchéouat), dans la zone de très forte puissance. Cette observation rappelle ce que l'on sait de l'Adoudounien dont les faciès à Stromatolithes ne sont développés qu'en bordure du bassin (G. CHOURBERT, 1955 [1954], p. 109; 1958 [1957], p. 149). La subsidence s'accompagnait peut-être d'un approfondissement de la mer vers l'Ouest.

CHAPITRE II

ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

L'étude stratigraphique a permis d'établir l'existence de trois séries bien différenciées dans le « Cambro-Ordovicien ». L'étude pétrographique ne faisant que confirmer ces distinctions, nous étudierons par conséquent successivement ces trois séries :

- A. — la série d'El Thlethyate.
- B. — la série de l'Oumat el Ham.
- C. — la série de Garat el Hamoueïd.

A. — ETUDE PETROGRAPHIQUE DE LA SERIE D'EL THLETHYATE

Telle qu'elle a été définie dans le chapitre précédent, la série d'El Thlethyate comprend toutes les couches paléozoïques situées sous les grès feldspathiques grossiers.

Cette série présente de grandes variations de faciès et surtout de puissance. Aussi y a-t-il lieu de faire des distinctions suivant la provenance des roches. C'est pourquoi le tableau stratigraphique I est subdivisé en plusieurs parties qui n'ont pas de valeur stratigraphique, mais tiennent compte des différents faciès.

On a distingué trois zones principales :

- a) zone puissante de l'Ouest (Dhlou);
- b) zone intermédiaire peu puissante du Sud (El Thlethyate);
- c) zone réduite du SE (Aghachan el Akhdhar).

Les deux dernières zones présentant des faciès comparables, elles seront étudiées ensemble du point de vue pétrographique.

La série d'El Thlethyate est caractérisée par un grand développement de roches carbonatées essentiellement dolomitiques. Suivant les zones, ces roches possèdent une phase détritique plus ou moins abondante, d'où l'existence dans les zones b et c de dolomies gréseuses ou silteuses et même de grès dolomitiques. Les autres faciès, gréseux ou argileux, sont plus réduits. Les roches de base de la série restent très mal connues, sauf à Aghachan el Akhdhar où le contact avec le socle est visible.

1° Liste des roches

La série d'El Thlethyate a livré les roches suivantes :

Faciès dolomitique : (niveaux **2a**, **2b** et **2c** du tableau stratigraphique I).

- conglomérat bréchique à galets de granite et à matrice de dolomie gréseuse;
- grès dolomitiques légèrement feldspathiques;
- dolomies gréseuses;
- dolomies silteuses (ou faiblement silteuses) à grain fin;
- dolomies microcristallines à *Conophyton*;
- dolomies à plages de barytine;
- dolomies calcaires;
- dolomies microcristallines à géodes de dolomite;
- brèches dolomitiques monogéniques;
- dolomies calcaires gréseuses à concrétions de dolomie fine.

Faciès argileux : (niveau **2 bis**).

- schistes argileux (silteux ou non).

Faciès gréseux (niveau **2 ter**).

- grès-quartzites à plages de ciment calcaire résiduel;
- quartzites fins.

Accidents siliceux : (niveau **2 quarte**).

- dolomies à nodules de dolomie silicifiée;
- cherts en banc à texture noduleuse;
- grès-quartzites à nodules de chert.

Les dolomies et les dolomies gréseuses constituent la majeure partie de la formation. Elles présentent verticalement une grande homogénéité, notamment dans la zone profonde de Dhlou. Pour leur étude, il faut distinguer plusieurs zones. Les autres faciès ne sont que des bancs de moindre importance qui rompent parfois la monotonie de la série, ou des accidents siliceux dans les dolomies elles-mêmes.

2° Les dolomies de la zone puissante de l'Ouest

Ces roches, qui d'après le log Z₄ du B. R. P. atteindraient une puissance supérieure à 500 m, présentent une grande monotonie; aussi n'est-il pas possible pour l'instant d'y faire des subdivisions lithologiques pour pallier l'absence de faunes.

a) Examen macroscopique

Ces roches se présentent en bancs de 0,30 à 2 m; elles sont toujours massives et compactes, très rarement un peu poreuses. Elles peuvent toutefois prendre un aspect stratifié lorsque la roche comporte des structures stromatolithiques.

Le grain est très fin, non visible à l'œil nu. La cassure est écailleuse, ou esquilleuse; conchoïdale même, dans les échantillons où le grain est le plus fin.

La patine est caractéristique des dolomies: très burinée, guillochée. La couleur de la roche fraîche varie du gris au bleu noir, mais la patine de la roche prend des teintes variées à dominance gris bleu, rose ou jaunâtre.

CIH normal ne donne aucune effervescence, ou parfois une très faible effervescence visible seulement à la loupe.

Dans certains niveaux, la roche est constituée de lits parallèles ou concentriques, que l'on peut considérer comme des Stromatolithes douteux. Vers le sommet, des Stromatolithes beaucoup plus typiques (*Collenia* et *Conophyton*) deviennent fréquents.

La roche est souvent recoupée de petits filonnets de carbonate, faisant effervescence sur le pourtour (calcite), et dolomitique au centre; on observe aussi de petites géodes blanches de dolomie plus largement cristallisée, ou de fines taches jaunes et rouges de goéthite et d'ankérite.

b) Examen microscopique (Pl. VIII, fig. 1)

- structure massive, parfois stratifiée (Stromatolithes);
- texture microcristalline, parfois un peu hétérogranulaire, généralement bien homogène;
- les clastiques sont absents ou assez rares; ils comprennent :
du quartz détritique, qui, ayant recristallisé autour des cristaux de dolomite, a souvent perdu ses formes détritiques;
- des plagioclases et du microcline, des paillettes de muscovite, tous très rares, signalés dans un seul échantillon.
- la majeure partie de la roche est constituée de petits rhomboèdres, ou de petits grains bien individualisés de dolomite, de 10 à 80 μ (les gros cristaux n'existant que dans les géodes), avec des enduits plus ou moins abondants de goethite occupant les espaces vides entre les rhomboèdres;
- quelques plages de barytine dans certains échantillons;
- géodes tapissées de grands cristaux de dolomite, d'ankérite et de quartz de néoformation (Pl. VIII, fig. 1);
- filonnets postérieurs, recoupant les cristaux de dolomite, constitués de dolomite cryptocristalline, de quartz secondaire et de calcédoine.

c) Analyse des argiles aux rayons X

Ces roches paraissant très pauvres en argile, aucune étude n'a été entreprise sur la phase argileuse.

d) Analyse chimique

La détermination microscopique reste insuffisante pour préciser la véritable nature de ces roches carbonatées. L'analyse chimique est absolument nécessaire; elle a été effectuée sur 9 échantillons (tableau d'analyses chimiques 1).

L'étude comparative de ces analyses montre une grande constance dans toute la formation, ces 9 échantillons étant étagés sur 350 m; aussi est-il possible de donner une analyse moyenne pour l'ensemble.

Les analyses ne comportent pas de fusion alcaline. Le résidu de silice et de silicates ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) est donné sous forme globale. Ce résidu ne dépasse pas 8,05 % et sa moyenne est de 3,7 %. Le Fe_2O_3 , moyenne 1,6 %, varie seulement de 0,75 à 2,8 %.

La majeure partie de ces roches est constituée de carbonates (moyenne 94,4 %) se décomposant en :

dolomite : moyenne 91,4 (84,6 à 96,3);

calcite : moyenne 3,0 (1,2 à 4,4).

avec des proportions relatives de calcite et dolomite de moyenne 3,2/96,8, variant de 1,2/98,8 à 5,3/94,7.

L'analyse démontre donc que toutes ces roches sont de vraies dolomies, très pures, où en dehors des carbonates (94,4 %), le reste est constitué d'oxydes de fer (1,6 %), de phosphate (0,05 %) et d'un résidu silico-alumineux très réduit (3,7 %).

L'échantillon 21710 (analyse 8) contient 96,3 % de dolomite, ce qui est comparable à la « Knox dolomite » du Cambro-Ordovicien de Morrisville (Ala., U.S.A.) (F. J. PETTIJOHN, 1957, p. 418).

La roche 21713, de la chaîne de Dhlou, mérite également une attention particulière; il s'agit d'une brèche dolomitique monogénique intraformationnelle jaune et rose, à débris noirs dolomitiques, azoïque :

Macroscopiquement, elle se présente comme les dolomies, mais on y distingue de petits débris anguleux de dolomie noire et quelques grains de quartz (aspect extérieur de certaines tillites de la région de Kayes, au Soudan).

Microscopiquement :

- structure massive;
- texture bréchique à ciment cryptocristallin;
- quelques quartz anguleux assez rares (100 à 200 μ);
- débris subanguleux à anguleux non classés de 20 μ à 1 cm, de dolomie microcristalline limpide;
- dans une pâte plus sombre de dolomie cryptocristalline avec un peu de goethite.

C'est une brèche monogénique, intraformationnelle d'après les renseignements de terrain. Elle a, au microscope également, l'aspect des tillites, par son matériel non classé, mais ici celui-ci est monogénique.

Analyse chimique :

L'analyse chimique est tout à fait comparable à celle des autres roches de la série, ce qui confirme l'origine intraformationnelle, par remaniement du même matériel.

Deux modes de formation principaux sont proposés pour ce type de roche bien connu dans les dolomies du Paléozoïque inférieur des Appalaches (*ibid.*, pp. 277-278) :

1° dessiccation par émergence d'un dépôt carbonaté, induration puis reprise par la mer;

2° phénomènes de glissements sous-marins (phénomènes de « slumping »).

Il n'est pas possible de décider ici de l'origine de cette roche que je n'ai pas observée personnellement sur le terrain.

3° Les dolomies, les dolomies gréseuses et les grès dolomitiques des zones peu puissantes

Dans les zones d'El Thlethyate et d'Aghachan el Akhdhar, les roches se chargent en éléments clastiques. Ceci apparaît fort bien sur le tableau stratigraphique I. Les dolomies franches qui contiennent des bancs à Stromatolithes alternent avec des dolomies gréseuses ou silteuses et des grès dolomitiques.

a) Examen macroscopique

Ces roches ont beaucoup de caractères communs avec les précédentes, mais elles sont toutefois plus variées. Les dolomies pures restent massives, mais lorsqu'elles deviennent gréseuses ou silteuses, les lits de quartz leur impriment une structure stratifiée, parfois avec fines stratifications entrecroisées et terminaisons en biseau des lits clastiques.

Les grains de quartz des bancs les plus gréseux sont très gros, et leur forme arrondie bien visible à l'œil nu. Au contraire, le grain de la dolomie est toujours très fin, non visible à l'œil.

La cassure, écailleuse, sectionne les grains de quartz. On distingue parfois des paillettes de *muscovite*. La couleur sur la cassure fraîche est brun rouge, gris violacé ou brun jaune. La patine parfois brun jaune, est le plus souvent mauve, pouvant ainsi se confondre avec celle de certains calcaires du Dévonien inférieur. Celle des dolomies est guillochée; sur les grès dolomitiques, l'érosion éolienne différentielle fait ressortir en fort relief les lits gréseux. Des géodes et des concrétions de dolomie plus dure (siliceuse) sont fréquentes.

CIH normal donne une effervescence généralement faible, mais toutefois plus marquée que sur les échantillons de la zone puissante de l'Ouest.

Les structures stromatolithiques, *Collenia*, *Conophyton*, et autres moins bien définies, sont surtout limitées aux éléments les moins gréseux.

L'échantillon 2052, prélevé vers le sommet de la série, à Aghachan, est un peu particulier; il est plus calcaire et montre des lits remaniés *in-situ*.

b) Examen microscopique (Pl. VIII, fig. 2-3)

— la structure devient souvent plus ou moins litée, avec dans les faciès gréseux des stratifications entrecroisées, et des lits se terminant en biseau;

— la texture, microcristalline, en fine mosaïque, plutôt un peu plus fine que dans les dolomies de la zone de Dhlou (5 à 30 μ au lieu de 10 à 80 μ) passe insensiblement à une texture détritique à grains non jointifs (Pl. VIII, fig. 2-3);

— les clastiques deviennent abondants et variés (voir tableau stratigraphique I) :

Le quartz domine, en grains fins (El Thlethyate) ou grossiers (Aghachan el Akhdhar), disposés en lits à stratification entrecroisée ou à terminaison en biseau; suivant l'abondance et la taille, on a diverses roches : dolomie gréseuse, dolomie silteuse, grès dolomitique; les grains sont fortement usés (arrondi de 0,4 à 0,9), la sphéricité minima est assez élevée;

Le *microcline* est fréquent, le *plagioclase* l'est un peu moins;

La *muscovite* est généralement disposée à plat dans la roche, indiquant un dépôt tranquille;

Accessoirement, on rencontre des éléments détritiques variés : *amphibole*, *pyroxène*, *glauconie* et *pyrite*;

— les grains de quartz peuvent être nourris secondairement par du quartz de même orientation cristallographique se moulant sur les cristaux de dolomite, donc postérieurs à ceux-ci;

— le fond de la roche est toujours constitué de petits rhomboèdres ou petits grains de *dolomite*;

— enfin ces roches contiennent des nodules, pouvant atteindre 10 cm, de dolomie fine avec fissures de retrait, et des géodes remplies secondairement de dolomite ou de calcite.

c) Analyse chimique

Toutes ces roches ont été analysées, car c'est la seule façon de les déterminer avec certitude (tableaux d'analyses chimiques 2 et 3). La composition chimique de cette série de roches est moins monotone et moins constante que celle de la série de Dhlou étudiée précédemment.

L'« insoluble », qui comporte l'ensemble des phases non carbonatées, qui variait de 2,6 à 10,7, varie à El Thlethyate de 6,3 à 69,2 et à Aghachan el Akhdhar de 4,3 à 49,5. Un seul échantillon analysé donne un pourcentage de carbonates inférieur à 50 %. Cette augmentation de « l'insoluble » est liée à celle de la phase détritique, puisque les oxydes de fer ne passent que de 1,6 à 2,4 % de moyenne.

Les proportions respectives de calcite et de dolomite varient également dans une certaine mesure. Toutefois toutes les roches restent de vraies dolomies à El Thlethyate (le pourcentage de dolomie par rapport au total des deux carbonates est supérieur à 90 %). Il en est de même à Aghachan el Akhdhar, sauf pour deux roches qui sont des dolomies calcaires :

analyse 19	éch. 2049	83,4 % dolomite	16,6 % calcite
analyse 21	éch. 2052	89,3 % dolomite	10,7 % calcite

La perte au feu, aux erreurs d'analyses près, correspond sensiblement au CO₂ des carbonates. Ces roches ne contiennent donc pratiquement pas d'eau combinée, ni de matières organiques.

Donc l'analyse chimique montre bien la grande homogénéité de ces roches qui diffèrent pourtant entre elles dans leur proportion de clastiques : à deux exceptions près et qui restent voisines, toutes sont de *vraies dolomies*, au sens chimique du mot.

La roche 2042 (analyse 18) prélevée au contact de la série d'El Thlethyate avec le socle, est très hétérogène; elle contient des galets de granite pouvant atteindre 5 cm de diamètre et des éclats de quartz. Au microscope, en dehors des galets de roches granitiques, on observe de nombreux éclats de quartz anguleux non roulés et du microcline détritique dans un ciment de dolomite. Ce conglomérat de la base de la série, à Aghachan el Akhdhar, a à la fois des caractères de brèche et de conglomérat de base. L'analyse chimique montre que le ciment est analogue à celui des dolomies sus-jacentes. C'est donc un terme plus franchement détritique de la même série. Ce caractère bréchique du conglomérat n'est pas clairement expliqué.

4° Les schistes argileux

Ce type de roches n'occupe pas une grande place dans la série d'El Thlethyate. Toutefois le B. R. P. signale dans le log Z₄, dans la chaîne de Dhlou, de petits lits de schistes argileux ou marneux interstratifiés dans les dolomies massives.

Ce sont des argiles verdâtres plus ou moins indurées, donc des schistes argileux; ces roches sont plus ou moins silteuses. L'étude de deux échantillons de la chaîne de Dhlou a montré que l'argile était constituée dans les deux cas par 100 % d'*illite*. Il s'agit donc vraisemblablement d'argiles provenant d'un matériel hérité du continent.

Dans le tableau stratigraphique I, ce faciès argileux, qui fait toujours partie du niveau 2, a été séparé des dolomies sous le faciès **2 bis**.

5° Les grès et les quartzites

On a vu précédemment que les dolomies pouvaient devenir gréseuses et passer même à des grès dolomitiques. De véritables grès et quartzites existent également dans la série. Ils se présentent sous forme de bancs jamais bien épais, interstratifiés avec les dolomies (tableau stratigraphique I, faciès **2 ter**).

a) Examen macroscopique

Dans la zone occidentale puissante, ce sont des grès blancs à taches brunes d'oxyde de fer, à moitié quartzifiés, à lits irréguliers et faisant nettement effervescence sous l'action de ClH normal.

A El Thlethyate, on trouve également des quartzites à grain très fin, à cassure esquilleuse, à éclat gras, gris ou colorés en rouge vin par de la goethite. ClH ne donne aucune effervescence.

b) *Examen microscopique*

La texture est détritique, à grains jointifs, et peut passer à une texture en mosaïque par nourrissage du quartz. Celui-ci domine sous forme de grains originels bien roulés (arrondi de 0,5 à 0,9); la granulométrie est variable suivant les bancs, mais est généralement grossière et comparable à celle des dolomies gréseuses.

Le quartz peut être accompagné de *microcline*, de *plagioclase* et d'autres éléments accessoires (*tourmaline*, *épidote*, etc.). Ces grès sont tous azoïques. Lorsque la quartzification n'est pas trop avancée, on observe un ciment résiduel de *calcite*, *dolomite* ou *ankérite*.

La forme des grains, leur nature, leur granulométrie, et la présence d'un ciment résiduel carbonaté montrent que ces grès font partie de l'ensemble des dolomies et des grès dolomitiques précédemment étudiés, dont ils ne sont qu'un terme limite. Ils pourraient correspondre à un apport plus rapide de clastiques au cours de la tranquille sédimentation carbonatée.

6° *Les cherts en bancs et les accidents siliceux dans les dolomies et les grès*

Dans la zone d'Aghachan el Akhdhar, où la série d'El Thlethyate est particulièrement réduite, aux dolomies (faciès 2c) et aux grès (faciès 2 ter), sont associées des roches siliceuses se présentant sous trois formes (faciès 2 quarte) :

- rognons de dolomie siliceuse dans les dolomies
- rognons de silex dans les grès
- bancs siliceux stratifiés.

Ces roches siliceuses sont généralement sous forme de rognons ou nodules, mais peuvent parfois former de véritables bancs.

a) *Rognons de dolomie silicifiée dans les bancs de dolomie*

A Aghachan el Akhdhar, ces rognons se rencontrent sur les 9 m de la formation dolomitique (éch. 2050).

Examen macroscopique.

Ce type de roche se trouve sous forme de gros rognons de « silex » alignés suivant la stratigraphie; leur section verticale, qui apparaît en relief sur les bancs patinés par le vent, est généralement en forme de « semelle »; la roche dolomitique encaissante est identique à celle des roches décrites précédemment, compacte, à grain fin, brun jaune et de patine mauve.

Les nodules ont une cassure tranchante écailleuse; ils présentent des auréoles concentriques de couleurs différentes.

CIH normal donne une légère effervescence sur la roche encaissante; il reste sans action sur les nodules, sauf après broyage fin, où l'attaque devient perceptible.

Examen microscopique.

La roche encaissante est une dolomie contenant quelques grains anguleux (30 μ) disséminés dans un fond de petits cristaux (8 μ) plus ou moins automorphes de *dolomite*, avec de très rares lamelles de *séricite*.

Les rognons sont constitués de grains très fins de *dolomite* avec de rares grains de *quartz* détritique (30 μ), et sont éparpillés dans un fond siliceux (*calcédoine*).

La limite entre la concrétion et la roche encaissante n'est pas brutale; elle se fait par apparition progressive de la silice sur une profondeur de 1 mm, et par une dispersion des grains de carbonate. *La silice remplace donc indubitablement le carbonate.*

Analyse chimique.

La roche globale (dolomie + rognon) a été analysée (tableau d'analyses chimiques 3, analyse 24); elle montre que la roche est tout à fait comparable aux dolomies habituelles de la série d'El Thlethyate. Les 12,1 % du résidu insoluble correspondent ici encore pour une faible part à des clastiques, mais surtout à la silice secondaire des rognons.

L'étude pétrographique de ces roches montre donc que les rognons de dolomie siliceuse ne sont pas contemporains du dépôt, comme on l'admet pour certains silex, mais plutôt postgénétiques :

ils sont dus au *remplacement de la dolomite par la silice*. La silicification semble se faire de manière centrifuge; le zonage correspond à des plages concentriques de plus ou moins intense silicification. Dans certains bancs (niveau 15 de la coupe B₂), les nodules finissent par se rejoindre et par former une couche presque continue.

b) Rognons de chert dans les grès-quartzites

Ce type de rognons se rencontre, toujours au même endroit, dans le niveau 4 de la coupe B₁ (éch. 2043).

Examen macroscopique.

Il s'agit de rognons de « silex » gris verdâtre dans un banc de grès jaunâtre poreux, un peu friable, faisant effervescence à ClH normal. Les rognons présentent des enveloppes concentriques plus ou moins foncées, donnant en section l'impression de « stries d'accroissement ».

Examen microscopique (Pl. VIII, fig. 5).

La roche encaissante est un grès-quartzite feldspathique légèrement calcaire et sériciteux (faciès 2 ter) :

- texture granulaire fine en mosaïque;
- grains de quartz très nourris, assez bien calibrés autour de 200 μ
de microcline altéré kaolinisé assez abondant (10 %)
de plagioclases séricitisés plus rares
de zircon rare;
- dans un ciment réduit (en dehors du quartz de nourrissage) de quartz cryptocristallin, séricite, calcite et goethite.

Les rognons sont constitués par un chert très homogène :

- texture cryptocristalline homogène;
- quartz cryptocristallin (pas de calcédonite caractérisée);
- rares paillettes de séricite;
- quelques quartz détritiques rares;
- micro-amas d'oxyde de fer, dont la plus ou moins grande abondance, suivant les couches concentriques, donne sa couleur à la roche.

A l'œil nu, le contact entre le grès et le chert apparaît très brutal, pratiquement rectiligne, sans zone de passage. Au microscope (Pl. VIII, fig. 5), la limite est plus irrégulière. Le chert occupe les espaces entre les grains de quartz, paraissant remplacer avec plus de facilité le quartz de nourrissage que le quartz d'origine détritique. Certains grains de quartz, dont on devine encore la forme détritique, sont recoupés en dents de scie par le chert. Au contact même, il se forme une concentration de petites paillettes de séricite qui semblent être repoussées par le chert.

Statistiquement, le chert se trouve plus souvent au contact de grains entiers que de grains déjà envahis en partie. Ceci laisse à penser que le chert, dans sa progression, marque un temps d'arrêt à la limite des grains, la pénétration à l'intérieur du grain étant plus difficile que dans le quartz de néoformation du pourtour. Toutefois la chertification des interstices entre les grains n'est pas en avance de plusieurs épaisseurs de grains sur la chertification des grains eux-mêmes.

Ces observations intéressantes, bien visibles sur la microphotographie, établissent de façon indubitable la *postériorité du chert, non seulement par rapport au grès, mais également par rapport au quartz de nourrissage du quartzite qui en dérive*. Cette chertification est donc bien postérieure au quartzite. C'est là encore un phénomène postgénétique. C'est un *bel exemple de chertification*, phénomène bien connu en milieu carbonaté, mais rarement signalé dans les grès-quartzites.

c) Cherts en banc

Toujours à Aghachan el Akhdhar, on observe au toit de la série dolomitique et sous les grès feldspathiques, un banc concordant de chert massif d'une puissance de 1,5 m (niveau 5 de la coupe B₁).

Examen macroscopique.

La roche est compacte, massive, dure et fine; à la loupe une structure noduleuse apparaît. La cassure est esquilleuse et de couleur gris vert clair. La patine est verte et brillante. ClH normal reste entièrement inactif.

Examen microscopique (Pl. VIII, fig. 4).

Si la structure est massive, la texture apparaît au contraire noduleuse et hétérogranulaire :

- nodules ovoïdes ou allongés, semblant des fantômes de corps autrefois plus distincts, constitués de *quartz cryptocristallin* et de *calcédonite* avec de rares paillettes de *séricite*;
- dans un réseau de *quartz secondaire* bien cristallisé.

Cette roche ayant perdu toute structure originelle, il est difficile d'en préciser l'origine : est-ce un banc de silice précipitée, d'origine syngénétique ? Aucune stratification de la roche ne le laisse supposer. Est-ce plutôt le remplacement total d'une couche qui a été plus « perméable » à la silicification ? Cette deuxième hypothèse semble plus vraisemblable en l'occurrence, pour deux raisons : d'abord le banc se trouve juste sous les grès feldspathiques grossiers, donc à la limite entre la masse des dolomies imperméables et des grès perméables, donc dans une zone où des eaux chargées en silice pouvaient facilement circuler (ce qui impliquerait que la chertification soit postérieure aux grès feldspathiques de la base de la série de l'Oumat el Ham). D'autre part, nous avons vu précédemment que les rognons siliceux pouvaient se rejoindre et former des bancs discontinus. Le banc de chert supérieur pourrait être de même origine que les nodules mais la silicification y aurait été plus complète pour la raison précédemment invoquée. Il s'agirait alors d'un banc de chert provenant du remplacement total d'une des couches de la série d'El Thlethyate.

En conclusion, on peut affirmer que les rognons siliceux que l'on rencontre dans la série d'El Thlethyate, à Aghachan el Akhdhar, ont certainement une origine postérieure au dépôt (remplacement de dolomite ou de grès-quartzite par le chert). Un niveau de chert en banc, de 1,5 m de puissance, situé au toit de la même formation, pourrait avoir une origine identique, la chertification s'étant plus rapidement achevée par suite de la plus grande facilité des eaux siliceuses à circuler au mur de la série de l'Oumat el Ham.

7° Caractères pétrographiques généraux

Les observations qualitatives et les mesures quantitatives effectuées sur les roches de la série d'El Thlethyate sont toutes regroupées sur le tableau stratigraphique I. Un examen rapide de ce tableau suffit à dégager les caractères pétrographiques généraux de la série :

a) Caractères des clastiques minéraux

L'abondance des éléments clastiques est variable suivant les zones mêmes que l'étude stratigraphique a permis de définir.

La zone puissante de l'Ouest est relativement pauvre en clastiques. Les dolomies contiennent un peu de quartz (et très rarement du microcline, des plagioclases et de la muscovite). Quelques bancs de grès-quartzites minces sont interstratifiés dans la série; ils ne comportent pratiquement que du quartz.

La zone peu puissante d'El Thlethyate et celle encore plus réduite d'Aghachan el Akhdhar sont très riches en clastiques, tant par l'abondance des grains que par la variété de leur composition.

Le quartz y est l'élément dominant; il varie dans de grandes proportions jusqu'à ce que les grains deviennent jointifs dans les grès-quartzites; mais d'autres éléments lui sont associés de façon courante : le *microcline* relativement abondant, les *plagioclases* présents mais plus rares, et souvent la *muscovite*.

De manière plus intermittente sont également présents le *zircon* et la *tourmaline*, ainsi que parfois d'autres minéraux tels que *amphibole*, *pyroxène*, *glauconie* et *pyrite*. A la base de la série, à Aghachan el Akhdhar, on rencontre même des débris de roches granitiques.

Cette grande variété de la nature des clastiques implique donc un apport détritique peu classé, en provenance d'un continent non latéritisé.

La *granulométrie* montre aussi des variations suivant les mêmes zones; elle indique un classement suivant la proximité ou l'éloignement du rivage.

C'est à Aghachan el Akhdhar que la granulométrie est la plus grossière, la moyenne des grains variant de 120 à 700 μ . A El Thlethyate la granulométrie, sauf pour la base où elle s'étale autour de 300 μ , a des moyennes de grains comprises entre 25 et 60 μ . Enfin dans la coupe de la chaîne

de Dhlou, vers le bas tous les grains moyens sont compris entre 30 μ et 50 μ . Il s'agit donc là d'une phase détritique silteuse (dolomies silteuses). Vers le haut de la série, les clastiques disparaissent complètement.

La subdivision en trois zones est donc largement justifiée par la seule granulométrie. Plus la série devient puissante, plus la granulométrie est fine et moins la nature des clastiques est variée. On observe également une diminution des clastiques en nature et en abondance du bas vers le haut de la série.

La *morphoscopie* est plus délicate à étudier sur plaques minces. En effet la dolomie, généralement en petits cristaux automorphes, masque la forme des grains de quartz, surtout les plus fins; ces derniers apparaissent toujours anguleux mais rien ne permet d'affirmer qu'ils ont conservé leur forme originelle. L'étude est donc impossible dans la chaîne de Dhlou.

Par contre dans les zones peu puissantes, le quartz détritique possède un indice d'arrondi élevé : 0,4 à 0,9, souvent voisin de 0,7 à 0,8. Il s'agit de grains de forme vraisemblablement éolienne.

Ces diverses données permettent donc de préciser que l'apport détritique est plus important dans la zone mince de l'Est et du SE que dans la zone occidentale puissante de Dhlou. Il y est également plus grossier et moins bien classé; les clastiques y sont de composition plus diverse.

La nature variée des grains, comprenant des feldspaths relativement frais, incite à penser que cet apport provient d'un continent de nature cristalline, non entièrement pénéplané, certainement non latéritisé, peut-être désertique. La forme très usée des grains montre qu'il s'agit, au moins pour une part importante, de matériel éolien (ceci n'implique d'ailleurs pas que le dernier transport soit fait par le vent). Enfin les grains étant généralement non jointifs, ils ont dû se déposer dans un sédiment de sels précipités.

b) *Caractères de la phase argileuse*

Sur le tableau stratigraphique, il apparaît très bien que les grains fins de la classe des poudres (de 20 à 2 μ) sont rares : la phase détritique est démunie de sa partie fine. Il n'est donc pas surprenant de constater que la phase argileuse est elle-même très réduite dans la série.

Quelques petits bancs argileux ont cependant été signalés dans la zone occidentale. Ces argiles sont constituées par de l'*illite* (100 %); aucun autre minéral n'y est signalé. Cette association, illite et quartz détritique, peut s'expliquer par un apport continental détritique fin.

c) *Caractères de la phase chimique*

Cette phase est dominante dans toute la série d'El Thlethyate, puisqu'en dehors de quelques bancs de quartzites et d'argiles (les cherts étant secondaires), qui sont l'exception, la phase carbonatée varie à elle seule de 50,7 % à 97,4 %. Le tableau n° 7 montre la répartition et les proportions dans les différentes zones, des principaux constituants chimiques.

Les constituants chimiques sont essentiellement des carbonates. Dans la zone ouest, le pourcentage de carbonates dans la roche est de 94,4 % (moyenne de 9 analyses); il a tendance à augmenter du bas vers le haut de la série, alors qu'inversement les clastiques diminuent. A El Thlethyate, il n'est plus que de 73,3 % (moyenne de 8 analyses) et de 76,3 % à Aghachan el Akhdhar (moyenne de 7 analyses).

Dans les trois zones, on peut dire qu'on a, de façon générale, affaire à de *vraies dolomies* puisque l'on a respectivement 96,8, 97,4 et 93,6 % de dolomite dans le total des deux carbonates. Cette proportion de dolomite par rapport à la calcite est sensiblement équivalente à El Thlethyate et dans la chaîne de Dhlou. Dans la zone mince d'Aghachan el Akhdhar, elle diminue un peu au profit de la calcite.

On peut considérer que si l'on fait abstraction du pourcentage de minéraux clastiques (phase insoluble), la composition de toutes ces roches, exprimée par les proportions relatives de calcite et de dolomite, reste très constante, avec toutefois une légère augmentation de la calcite à Aghachan. Cette constance apparaît bien sur le graphique de la fig. 34 où toutes ces roches sont nettement groupées dans le triangle des dolomies et où en particulier les dolomies de Dhlou forment un « nuage » dense.

	Zone ouest (Dhlou) (> 500 m)	Zone sud (El Thlethyate) (> 55 m)	Zone sud-est (Aghachan) (9 m)
« Insolubles »	5,6	26,7	23,7
% Carbonates	94,4	73,3	76,3
% Dolomite	91,4	71,7	71,9
% Calcite	3,0	1,6	4,4
% de calcite dans le total des carbonates (K 1)	3,2	2,6	6,4
% de dolomite dans le total des carbo- nates (D 1)	96,8	97,4	93,6
Fe ₂ O ₃	1,6	1,8	2,4

TABLEAU n° 7

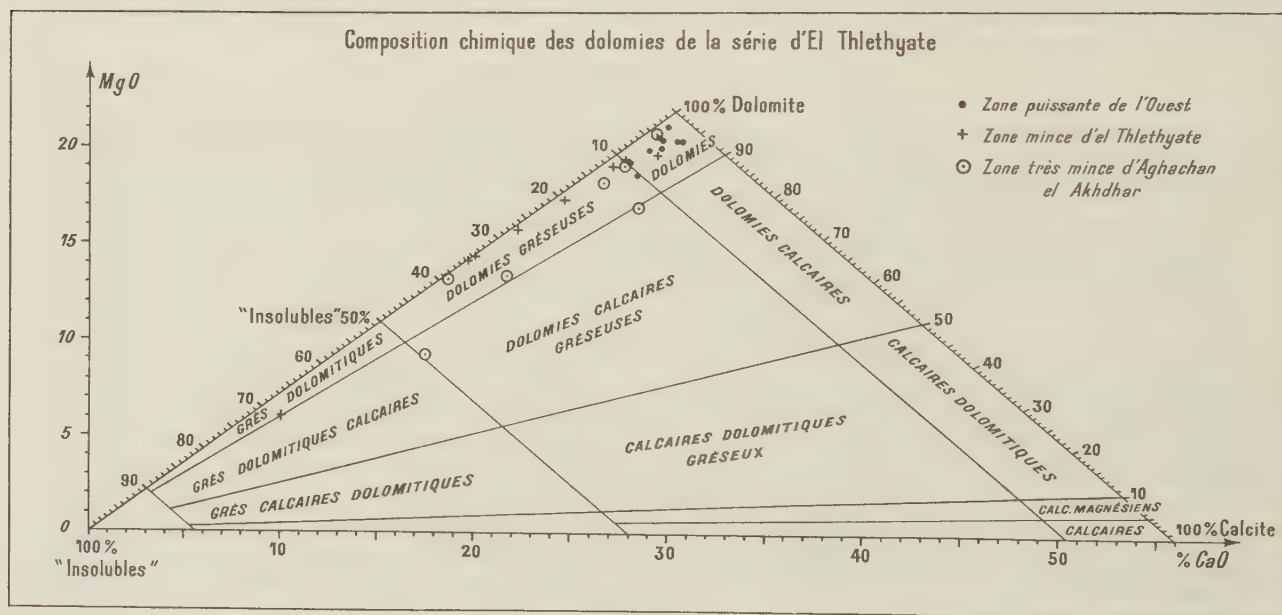


FIGURE 34

Dans la zone de Dhlou, à ces carbonates vient s'ajouter une très faible proportion de phosphate (0,0 à 0,4 %) et parfois des sulfates, en très faible proportion (0,0 à 0,4 %) mais décelables au microscope, sous forme de *barytine* et de *gypse*.

Les oxydes de fer, qui sont peut-être en partie sous forme d'un carbonate de fer diffus dans la dolomite (F. J. PETTJOHN, 1957, p. 421), diminuent à mesure que la série s'épaissit : 2,4 % en moyenne à Aghachan el Akhdhar, 1,8 % à El Thlethyate et 1,6 % dans la chaîne de Dhlou.

Les 24 analyses chimiques des roches dolomitiques de la série d'El Thlethyate montrent donc une grande homogénéité. C'est seulement à Aghachan el Akhdhar qu'apparaissent parfois des roches légèrement plus calcaires, la proportion maxima de calcite étant atteinte dans l'analyse 19 (éch. 2049)

où les proportions respectives de calcite et de dolomite sont de 16,6 et 83,4. Cette grande homogénéité de la phase chimique fait penser à une sédimentation régulière dans un milieu calme, plutôt qu'à une épigénèse tardive de la dolomite à partir de sédiments à l'origine calcaires.

d) *Caractères de la phase organique*

La phase organique ne semble pas contribuer à la constitution de ces roches, tout au moins directement. Toutefois, les structures stromatolithiques indiquent une activité d'organismes que beaucoup d'auteurs pensent être des Algues. Au microscope aucune véritable structure n'apparaît, les Stromatolithes n'étant que des pseudo-structures.

Ceux-ci (*Collenia* et *Conophyton*) se présentent sous forme de coupoles emboîtées à convexité tournée vers le haut (Pl. VIII, fig. 2). Au microscope ceci se marque par des taches irrégulières concentriques de couleur jaune dans un fond plus clair. Les taches jaunes correspondent à des zones où la dolomie est plus finement cristallisée et plus ferrugineuse. Fait important, ces cristaux de dolomie sont donc la raison de l'aspect actuel du Stromatolithe. Ils ne se superposent pas à une structure, mais la suivent fidèlement. C'est un des motifs pour lesquels je pense qu'il ne faut pas voir, dans ces dolomies, des dolomies de remplacement d'un matériel calcaire.

Enfin, comme aucune véritable structure organique n'apparaît dans ces roches, la série d'El Thlethyate ne comporte pas de microfaciès, suivant la définition adoptée ici pour ce terme (voir p. 57 et J. CUVILLIER, 1952).

8° *Conditions de sédimentation*

L'étude pétrographique de la série d'El Thlethyate nous a montré que cette formation présentait une grande monotonie dans la sédimentation et la nature des roches. Celles-ci sont caractérisées par une phase chimique prédominante, essentiellement dolomitique, et par une phase détritique plus importante dans les zones où la série est mince.

La *phase détritique*, dans la zone mince, est variée et mal classée; elle provient vraisemblablement d'un continent de roches cristallines. Le matériel est, au moins en partie, éolien. Il se pourrait donc qu'il s'agisse d'un apport par le vent, en bordure de la côte, apport qui s'ajouterait à une sédimentation en cours, de carbonates.

Vers l'Ouest, loin du rivage, les éléments détritiques deviennent plus rares; la phase argileuse est presque inexistante; ceci confirme qu'il n'y aurait pas d'apport par des fleuves, mais simplement par le vent, celui-ci transportant généralement un matériel « propre » débarrassé de sa partie argileuse. Vers le sommet de la formation, dans cette zone puissante, l'apport détritique disparaît complètement.

Les trois zones *a*, *b*, et *c* que nous avons définies correspondraient alors à des distances plus ou moins grandes de la côte. L'étude stratigraphique nous a montré que le rivage devait passer au milieu de la butte d'Aghachan, région où la phase détritique des dolomies est la plus grossière.

La *phase chimique* est très constante dans toute la série; toutes les roches sont de vraies dolomies. Une pareille constance, ainsi que d'autres critères tels que la disposition en bancs bien stratifiés et le fait que les cristaux de dolomite ne recoupent pas la disposition en coupole des Stromatolithes, incitent à penser que la dolomie de ces roches est un dépôt primaire (origine syngénétique).

Un tel dépôt implique un milieu de sédimentation dans des eaux relativement concentrées en sels, dans un paysage de type lagunaire et peu profond (y compris la puissante série de l'Ouest qui présente les mêmes manifestations de vie alguaire que la zone mince de l'Est). Dans la zone occidentale, les conditions de profondeur ne devaient donc pas être très différentes de celles de la rive mais la sédimentation devait être accélérée par une subsidence beaucoup plus marquée.

La présence de quelques sulfates (barytine, gypse) corrobore cette idée de l'origine lagunaire ou sub-lagunaire de ces dolomies. On est toutefois assez loin ici des séries franchement lagunaires du Niari (Afrique équatoriale) où les bancs de dolomie alternent avec des bancs d'évaporites (gypse et anhydrite) (G. BIGOTTE, 1959 [1956]). Cet auteur estime qu'au Niari le « milieu de sédimentation

peut être décrit comme de *vastes lagunes subsidentes*, alimentées en eau marine » (*ibid.*, p. 97). La profondeur de l'eau était faible; celle-ci était saumâtre; l'eau marine renouvelait de temps en temps le stock salin (*ibid.*, p. 58).

Les dolomies du Niari sont plus conformes au type des « sous-formations gypso-dolomitiques » de L. B. ROUKHINE (1953) que les dolomies du Zemmour. Ces dernières seraient un terme de tendance un peu plus marine, où les sulfates ne se seraient déposés qu'exceptionnellement.

G. CHUBERT, R. DU DRESNAY, J. HINDERMEYER et H. HOLLARD (1950, p. 102 et 1952, p. 100) ont exprimé des opinions analogues pour des roches dont ils n'ont malheureusement pas encore bien précisé la nature dolomitique ou calcaro-dolomitique. Ils se demandent si « les formations à Algues (*Conophyton* ou *Collenia*) du Cambrien ne seraient pas des formations lacustres ou lagunaires ». Au Maroc, les *Collenia* apparaissent dans les zones où les calcaires du Géorgien (*s. l.*) sont peu épais (1952, p. 94). Les *Collenia* géorgiens ne se trouvent jamais dans les faciès marins *francs* définis par les Archaeocyathidés et les Trilobites. Ils n'apparaissent que dans les séries géorgiennes réduites, donc dans les faciès voisins des côtes. Ces auteurs hésitent ici entre une origine lagunaire ou lacustre, mais rejettent de toute façon l'idée d'une origine franchement marine.

Pour revenir au Zemmour, on pourrait donc penser que les dépôts de la série d'El Thlethyate se sont produits dans des zones à sédimentation tranquille, isolées du large, peu profondes et où vivait une flore d'Algues encroûtantes. L'apport détritique était abondant et varié près des côtes, plus réduit et plus fin en s'en éloignant. L'usure des grains montre qu'il s'agit d'un matériel éolien. L'absence de sédiments argileux tend à confirmer le transport par le vent sans apport fluvial.

Cette sédimentation sub-lagunaire avec apport détritique probablement éolien peut être l'indice d'un climat chaud et désertique en bordure d'un continent granitique dénué de carapace argileuse ou latéritique, et non parcouru par des fleuves importants.

Les phénomènes de silicification étudiés également dans ce chapitre sont largement postérieurs à la sédimentation; ils n'ont donc rien à voir avec le milieu précédemment décrit. Ils peuvent être dus à des circulations d'eaux chargées en silice dans la série de l'Oumat el Ham, poreuse à sa base et entièrement gréseuse. Les rognons siliceux observés à Aghachan el Akhdhar ne dateraient pas de la sédimentation dolomitique, mais seraient bien postérieurs.

B. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE DE LA SÉRIE DE L'OMAT EL HAM

Contrairement à la série d'El Thlethyate, il a été possible de subdiviser la série de l'Oumat el Ham en niveaux ayant une valeur stratigraphique (niveaux 3 et 12 du tableau stratigraphique II).

Toutes les roches de cette série ont un caractère détritique accusé: la phase des clastiques l'emporte largement sur les phases chimique et organique. Les bancs sont réguliers, les variations stratigraphiques ne sont pas brutales et par suite les corrélations entre les différentes coupes sont faciles à établir. Disons dès maintenant que la présence de quelques fossiles marins et de *Scolithes* confirme l'impression d'une origine marine de ces roches, qui nous est donnée par la régularité de leur sédimentation.

L'étude stratigraphique nous a permis d'établir que l'on y rencontrait de haut en bas les principales roches suivantes :

- grès schisteux (12)
- grès à *Scolithes* supérieurs (11)
- argiles supérieures (9)
- pélites vertes micacées à glauconie (8)
- niveau ferrugineux à Brachiopodes inarticulés de Gara Bouya Ali (7)
- argiles inférieures à *Acrothele* (6)
- grès à *Scolithes* inférieurs (5)
- grès feldspathiques grossiers (4)
- conglomérats de base (3).

Pour éviter des répétitions et écourter les descriptions, nous grouperons les formations de faciès analogues comme les grès à Scolithes supérieurs et inférieurs, en précisant d'ailleurs leurs caractères distinctifs. Un coup d'œil rapide au tableau stratigraphique II montre que la série présente une récurrence des faciès grossiers vers le haut, à partir du niveau 10.

On étudiera successivement :

- 1° les conglomérats de base
- 2° les grès feldspathiques grossiers
- 3° les grès à Scolithes
- 4° les argiles et pélites à glauconie
- 5° les minerais de fer de Gara Bouya Ali
- 6° les grès schisteux de l'Oued Ezrayeb
- 7° les caractères pétrographiques généraux de la série de l'Oumat el Ham
- 8° les conditions de sédimentation de la série.

1° *Les conglomérats de base*

Nous avons vu (p. 97) que les premiers termes de la série de l'Oumat el Ham [niveau des grès feldspathiques (4), des grès à Scolithes inférieurs (5) et des pélites à glauconie (8)], étaient transgressifs vers le Nord. Ces différents niveaux peuvent donc reposer chacun séparément sur le socle cristallin. Aussi le conglomérat (3), par lequel débute la série de l'Oumat el Ham, est-il très variable; il est le départ de formations diverses, aussi n'a-t-il pas un âge précis, mais il devient de plus en plus récent vers le NNE, direction de la transgression.

L'étude pétrographique a montré l'existence de deux groupes principaux de roches suivant les formations sus-jacentes :

Série débutant par les grès feldspathiques et les grès à Scolithes

- conglomérat à galets de quartz laiteux, à matrice de grès quartzeux légèrement calcaire et glauconieux (éch. 2175)
- conglomérat à galets de quartz à matrice de grès quartzeux argileux (éch. 2161).

Série débutant par les pélites à glauconie ou par les minerais de fer associés de Gara Bouya Ali

- conglomérat polygénique à galets de quartz, de quartzite, de granite, de phosphate pélitique ou gréseux, à ciment quartzeux et glauconieux (éch. 538; 21502; 21503)
- conglomérat ferrugineux à galets de quartz, de granite et de grès phosphaté (éch. 537; 21.539).

a) Conglomérats monogéniques à galets de quartz de la base des grès feldspathiques et des grès à Scolithes

Ces conglomérats, qui se rencontrent généralement sur le premier mètre de ces deux formations, ne s'en distinguent pétrographiquement que par leur granulométrie plus grossière. Nous avons vu précédemment qu'ils pouvaient reposer directement sur le socle ou au contraire sur les dolomies de la série d'El Thlethyate.

Examen macroscopique.

Ce sont des conglomérats moyennement grossiers qui ne se développent que sur une faible puissance (0,10 à 2 m). Le diamètre des galets est généralement de l'ordre du centimètre, mais peut atteindre exceptionnellement 6 cm. Ceux-ci sont presque tous constitués de quartz laiteux filonien, type de quartz très abondant sur toute la Dorsale cristalline reguibat. On trouve aussi parfois quelques galets de quartzite.

La matrice est constituée par un grès grossier, un peu argileux, comparable à ceux que nous étudierons dans les grès feldspathiques et les grès à Scolithes qui les surmontent; les galets se détachent en général facilement, le grès étant mal consolidé. La couleur de ces conglomérats est généralement claire, les galets blancs ressortant sur un fond gris clair ou gris verdâtre. Sous l'action de CIH normal, le ciment donne une légère effervescence.

Ces conglomérats sont entièrement azoïques, les Scolithes, qui apparaissent juste au-dessus dans les faciès gréseux, n'existent pas dans ce faciès très grossier.

Examen microscopique (Pl. IX, fig. 1).

L'étude en plaque mince de ces roches est rendue difficile par la faible cohésion des échantillons.

- texture détritique très grossière à éléments jointifs, massive, sans stratification apparente;
- galets, graviers et grains de *quartz filonien* (texture indentée) (de 10 cm à 600 μ), mal classés, les gros moyennement roulés, les plus petits ronds, bien roulés (arrondi élevé, variant de 0,6 à 0,9);
- matrice gréseuse plus ou moins grossière (grains de 600 à 40 μ) constituée de *quartz* dominant plus ou moins anguleux (arrondi 0,3 à 0,8), de *microcline*, de *perthite*, de *plagioclases*, parfois abondants (à la base des grès feldspathiques), parfois plus rares (à la base des grès à *Scolithes*); de *biotite altérée*, de *muscovite* et *chlorite* détritiques; de minéraux lourds (*zircon* et *tourmaline*);
- ciment réduit, comprenant un peu d'*argile*, de la *calcite*, de la *chlorite* et parfois de la *glaucanie* (?).

Dans ce type de conglomérat, les galets sont presque tous en quartz; ceci indique un très net classement dans la composition minérale des galets. En revanche le classement des galets par la taille est faible : on passe insensiblement des galets à la matrice par des grains intermédiaires (la limite de 600 μ est un peu arbitraire).

Les gros éléments ne sont qu'imparfaitement roulés. Vers le haut, on passe insensiblement à des sédiments gréseux analogues mais plus fins. Ces conglomérats représentent donc bien la phase initiale d'un dépôt transgressif.

b) *Conglomérats polygéniques à nodules de phosphates et à grains de glaucanie, situés à la base des pélites micacées et des faciès ferrugineux de Gara Bouya Ali*

Ces roches se rencontrent plus au NE, lorsque la série de l'Oumat el Ham, transgressive dans cette direction, débute par les niveaux des pélites micacées à glaucanie (8) ou par les faciès ferrugineux (7) de Gara Bouya Ali. Elles sont donc plus jeunes que les conglomérats décrits précédemment, bien que toujours classées dans le niveau 3 du tableau stratigraphique.

Examen macroscopique.

Ces conglomérats sont variables suivant les localités; ils sont dans l'ensemble assez grossiers, mais peuvent passer simplement à des grès grossiers. Ils sont toujours massifs, et généralement bien plus consolidés que les précédents. La cassure peut être tranchante et sectionner même les galets les plus durs.

Les galets de quartz dominant encore, mais l'ensemble des galets a cependant un caractère beaucoup plus polygénique : galets de granite, de microgranite, de micropegmatite, de quartzite et de grès. La taille des galets atteint rarement plus de 5 cm, exceptionnellement 10 cm. Les grains de quartz sont de toute taille.

La gangue apparaît sombre : vert foncé pour les conglomérats situés à la base des pélites, noire ou brune sous les niveaux ferrugineux.

CIH normal donne une effervescence légère pour la plupart des échantillons, et forte dans certains cas (éch. 537).

Examen microscopique.

- texture détritique très grossière sans orientation; les grains ne sont pas forcément jointifs;
- galets bien roulés :
 - de *granites* plus ou moins altérés, dont des granites du type Fort Trinquet banal (quartz, perthite, micropegmatite, plagioclases altérés en calcite) (G. Rocci, 1955 [1957]);
 - de *microgranite*;
 - de *microquartzite*;
 - de *quartz filonien*;
- galets du même conglomérat remanié bien roulé; de concrétions ferrugineuses roulées;
- galets ou nodules :
 - de *grès phosphatés* (éch. 21502) : grains grossiers de *quartz* roulé et de *microcline*, et petits grains très fins de *quartz* plus anguleux (max. 1 600 μ , moy. 600 μ , min. 20 μ); quelques lamelles de *muscovite*; ciment de *phosphate* avec quelques mouchetures de *calcite*;
 - de *phosphate gréseux pélitique à glaucanie* (éch. 537) : *quartz* anguleux (200 μ - 100 μ - 15 μ) en grains disséminés; petites paillettes de *muscovite*;

- grains de *glaucanie*;
- fond de *phosphate* jaune-brun en lame mince;
- de *phosphate pélitique* (éch. 538) :
 - rare grains de *quartz* très fins (8 μ);
 - quelques paillettes de *muscovite*;
 - fond dominant de *phosphate*;
- débris organiques de *phosphate* (Os ?, *Lingulidés* ?);
- gros grains de *quartz*, parfois anguleux, mais généralement bien usés, toujours très mal classés (arrondi allant généralement de 0,5 à 0,9) (voir toutes les mesures sur le tableau stratigraphique);
- de *plagioclases* altérés (*calcite*);
- gros grains de *glaucanie* fraîche (verte) ou altérée en hydrates de fer (brun verdâtre ou jaune), à forme ovoïde très lisse;
- parfois grains de même forme que ceux de *glaucanie*, mais constitués d'une enveloppe de *quartz* microcristallin autour d'une matière verte chloriteuse ou glauconieuse; ces grains semblent dus au remplacement de la *glaucanie* par du *quartz* secondaire;
- ciment fin hétérogène, comportant :
 - du *quartz* détritique silteux (peu abondant);
 - de la *biotite* altérée semblant évoluer en *glaucanie*;
 - de la *chlorite*, de la *glaucanie* pigmentaire;
 - des hydroxydes de fer jaunes et rouges (*goethite*) parfois en dépôts concentriques comblant des géodes;
 - de la *calcite* paraissant due à l'altération des *plagioclases*;
 - des *argiles* et du *quartz cryptocristallin*.

Lorsque la série débute par des faciès franchement ferrugineux, le ciment est essentiellement de la *goethite*.

Ces conglomérats, étant donné le nombre de leurs constituants, présentent une plus grande variété que ceux étudiés précédemment. Ce sont des conglomérats polygéniques. Un caractère frappant est la présence quasi-générale de nodules phosphatés (grés-silteux) et de grains de *glaucanie*. Il faut aussi noter quelques galets de conglomérat remanié. En revanche le microcline en grains isolés est rarement signalé.

La fig. 2 de la planche IX montre un très beau contact entre le granite frais du socle et le début de la *transgression* de la série de l'Oumat el Ham, à Gara Bouya Ali. Il est assez exceptionnel de voir un tel contact sur une plaque mince. La roche granitique du socle est très fraîche. C'est le type le plus banal des granites de Fort Trinquet, à *quartz* granulitique, microcline perthitisé kaolinisé, *plagioclases* zonés et *biotite* rare. L'altération ne se produit que sur une épaisseur de 1 mm, les fissures entre les grains étant remplies de *goethite*; la surface de contact est lisse, mais les *quartz* ont mieux résisté à l'érosion et sont par suite très légèrement en saillie.

Au-dessus vient le dépôt conglomératique, à galets non jointifs, comprenant d'abondants galets de granites (analogues à celui du socle), de *quartz*, de *phosphate*, de conglomérat remanié, avec des grains bien arrondis de *glaucanie* verte. Ce beau contact montre qu'en ce point tout au moins, les *pélites* à *glaucanie* se sont déposées sur une surface granitique fraîche, à peine fissurée sur 1 mm et bien polie.

c) Caractères généraux des conglomérats de la série de l'Oumat el Ham

En résumé, les conglomérats situés à la base de la série de l'Oumat el Ham sont caractérisés par :

- une épaisseur faible (généralement moins de 1 m)
- une granulométrie très étalée de 10 cm à 15 μ , où les éléments fins sont tout de même rares au-dessous de 50 μ . La moyenne des grains de la gangue est généralement de 200 à 1 000 μ (voir tableau stratigraphique II)
- des galets :
 - de dimension assez variable, mais où les galets de grande taille (au-dessus de 5 cm) sont l'exception. Parfois, cependant, le conglomérat peut devenir un grès grossier au classement nettement meilleur
 - d'usure variable : jamais très anguleux ni très roulés, généralement d'usure moyenne
 - de nature minéralogique variable, où le *quartz laiteux blanc* d'origine filonienne est tou-

jours prédominant et presque l'unique constituant des galets dans la région sud, mais avec, dans la région nord, des galets polygéniques en roches du socle : granites, microgranites, quartzites cristallophylliens, dont on retrouve aussi les éléments séparés dans les grains plus fins (*quartz, microcline, perthite, plagioclases, biotite, etc.*)

- des *nodules phosphatés* (au Nord)
contenant toujours une phase détritique de quartz et micas, pouvant être grossière ou fine.
- des *grains de glauconie* (au Nord)
- une *gangue ou matrice, variable suivant les niveaux* sus-jacents :
 - au Sud, c'est une gangue gréseuse, avec grains de *quartz, microcline, perthite, plagioclases, quartzite*, et avec des lamelles de micas (*biotite, chlorite, muscovite et séricite*) et quelques minéraux lourds, pas particulièrement abondants (*zircon et tourmaline*)
 - au Nord, la gangue est plus fine et contient des éléments moins détritiques : *oxydes de fer, chlorite, glauconie, argile, quartz microcristallin*.

Partout on rencontre des grains de quartz très usés (arrondi de 0,7 à 0,9) et d'assez forte sphéricité, qui semblent bien d'origine éolienne. Au contraire, aucun organisme ne contribue à la construction de la roche, sauf peut-être quelques débris de phosphate organique difficilement identifiables.

Il s'agit donc de conglomérats plus ou moins polygéniques, toujours de faible puissance, toujours situés à la base de la série; la gangue ou matrice est analogue à la roche qui surmonte immédiatement le conglomérat. Ce sont là des caractères typiques de conglomérats de base. Des matériaux variés sont arrachés au socle cristallin; ils sont plus ou moins roulés et enrobés dans un ciment qui annonce le premier dépôt laissé par la transgression marine.

Parfois le conglomérat s'est consolidé et a été repris, usé à nouveau sous forme de galets qu'on retrouve dans le conglomérat définitif. Ceci indique qu'il s'est formé en plusieurs étapes, correspondant sans doute à des « hésitations » de la mer transgressive.

L'apport éolien, déjà signalé dans la série d'El Thlethyate, semble bien persister, une partie des grains présentant une facture nettement éolienne (arrondi de 0,9 fréquent).

La présence de *nodules phosphatés et de grains de glauconie* n'est pas pour surprendre. Cette association est fréquemment signalée, même à ces périodes anciennes (W. D. MATTHEW, 1893) sur les plateformes stables, en particulier lors des périodes de transgression (L. B. ROUKHINE, 1953). M. I. GOLDMAN (1922) signale que cette association du phosphate et de la glauconie est souvent présente aux lignes de discordances majeures ou mineures.

Ces caractères supplémentaires confirment donc que ce sont des conglomérats de base d'une transgression marine, moins polygéniques au début de la transgression que vers la fin.

2° Les grès feldspathiques grossiers

Ce niveau est le niveau 4 du tableau stratigraphique II. L'étude stratigraphique a montré qu'à la sédimentation carbonatée des dolomies de la série d'El Thlethyate, succède brutalement une sédimentation très grossière, nettement transgressive. Le contact est apparemment concordant. Mais il est justifié de penser qu'il correspond à une importante lacune de sédimentation.

Ces grès reposent donc, soit sur les dolomies d'El Thlethyate, soit directement sur le socle. Dans ce dernier cas, ils constituent une sorte de « matelas » qui contribue, avec le conglomérat de base, à niveler la surface d'érosion du granite et a permis le dépôt parfaitement plan des premiers bancs des grès à Scolithes inférieurs qui leur font suite.

Ces roches, monotones, présentent quelques variétés suivant la plus ou moins grande quantité de matériel feldspathique qu'elles contiennent :

- grès feldspathiques quartzeux et argileux, plus ou moins conglomératiques, blancs ou roses (c'est le type le plus fréquent, qui a donné son nom au niveau);
- arkoses conglomératiques à ciment argileux, sériciteux et ferrugineux, violacées;
- grès-quartzite blanc (très légèrement calcaire) à passées grossières conglomératiques;
- conglomérat à galets de quartz et à ciment de grès feldspathique, riche en zircon.

La roche la plus courante est un grès feldspathique grossier, mais la teneur en feldspath est variable, si bien que certains lits sont des grès-quartzites (surtout vers le haut) et d'autres de vraies arkoses (surtout vers le bas). Toutefois ces dernières restent rares.

Sur le terrain, ces roches apparaissent sous forme de sédiments grossièrement stratifiés, pouvant présenter des stratifications entrecroisées. Entre le socle et la roche, le conglomérat est presque toujours présent sous sa forme monogénique à galets de quartz laiteux. Ceci montre qu'il ne s'agit pas d'une formation d'arkose *in-situ*, mais d'un dépôt de matériel transporté.

Examen macroscopique.

Ces roches ne sont jamais véritablement massives; elles se présentent sous forme de bancs plus ou moins stratifiés, bien visibles à Aghachan el Akhdhar. On y observe, à l'intérieur des bancs, de belles stratifications entrecroisées. Elles sont mal consolidées et s'effritent facilement sous la pression des doigts. Le grain est très grossier, la roche présentant des passées irrégulières conglomératiques et des galets épars de quartz ne dépassant que très rarement 1 cm de diamètre. La porosité est élevée, la roche pourrait être un bon réservoir.

On distingue à l'œil des feldspaths roses et surtout du quartz. La cassure est grenue, la couleur, toujours claire, est blanche, rose ou violacée, plus rarement verdâtre. Généralement toutes ces nuances sont entremêlées, donnant à la roche un aspect bariolé, mais qui reste toujours assez clair.

Le ciment, peu abondant, est argileux et blanc (aspect du kaolin). CIH normal donne généralement une légère effervescence qui dénote la présence dans le ciment d'une certaine teneur en calcite.

Examen microscopique (Pl. IX, fig. 3).

La texture, grossière, est détritique à grains jointifs, à tendance conglomératique (granulométrie hétérogranulaire). Lorsqu'il y a un début de nourrissage, surtout dans les échantillons les moins feldspathiques, elle peut passer localement dans certaines plages à une texture granulaire en mosaïque.

La roche comprend des passées plus ou moins conglomératiques; les galets ou graviers, de 2 à 15 mm, sont généralement assez bien roulés et constitués de quartz, de quartzite et de quartzite métamorphique orienté.

La roche elle-même est constituée de grains qui, dans certaines plaques minces, sont très usés (aspect de grains éoliens), l'arrondi atteignant très fréquemment 0,9; et qui dans d'autres sont en majorité très peu usés, ayant encore la forme denticulée des grains du granite. La nature des différents minéraux montre bien qu'il s'agit d'anciens éléments granitiques :

- grains de quartz dominant;
de microcline souvent perthitisé peu altéré (un peu de kaolin), pouvant atteindre 1/3 de la roche, mais généralement en moins grande quantité;
d'orthose;
- de plagioclases bien plus rares;
- d'éléments de granite encore liés entre eux (quartz + microcline);
- quelques paillettes de micas : biotite altérée décolorée et muscovite;
- zircon parfois relativement abondant.

Le ciment est assez réduit et assez hétérogène; en dehors du quartz de nourrissage, il comporte du quartz microcristallin ou cryptocristallin, de la séricite, de l'argile, et éventuellement un peu de chlorite, de calcédoine, de calcite et des hydroxydes de fer (goethite).

Les grains sont, ou très roulés, ou très anguleux. Sur le tableau stratigraphique II, les caractères de la morphoscopie manquent de cohérence. Il semble y avoir mélange de lits où les grains ne sont pas du tout usés (arrondi faible) et proviendraient des très proches granites de Fort Trinquet, et de lits à grains très usés (arrondi voisin de 0,9) qui pourraient avoir une origine éolienne, donc plus lointaine, ayant permis un meilleur tri.

Dans le premier cas, on retrouve, dans le grès feldspathique ou dans l'arkose, certains caractères des granites de Fort Trinquet : microcline perthitisé, relative rareté de la biotite, absence de la tourmaline et présence du zircon. L'existence de ce type de granite au NE permet de penser à un apport en provenance de cette région, puisque les granites du Ghallaman commencent à affleurer au niveau d'Aghachan el Akhdhar vers le Sud. Le sens du transport se ferait donc du NE vers le SW par exemple.

Analyse des argiles.

L'étude ne porte que sur le ciment d'un seul échantillon (éch. 2077) qui représente bien la roche moyenne de ce niveau (grès feldspathique). L'analyse aux rayons X a donné 90 % d'illite et 10 % de chlorite.

On aurait pu s'attendre, à l'examen macroscopique de l'échantillon, dont le ciment blanc rappelle le kaolin, et à l'étude au microscope (altération des microclines), à trouver une prédominance de la kaolinite. Il n'en est rien, l'analyse n'ayant même pas signalé de traces de ce minéral argileux. Notons en passant qu'à Hassi Messaoud, les arkoses et les grès feldspathiques de la base de la formation paléozoïque ont également un ciment riche en illite.

Les roches étudiées ici concernent la zone orientale. D'autres roches du même type, situées dans la même position stratigraphique, entre les dolomies à Stromatolithes et les grès à Scolithes inférieurs, existent dans la chaîne de Dhlou (log Z₄ du B. R. P.). Elles peuvent être rattachées à la même formation, bien qu'on ne les ait pas encore suivies en continuité. Elles présentent des caractères analogues (richesse en feldspaths, grains éoliens, etc.), mais ont parfois un meilleur classement et une granulométrie plus fine. Là encore c'est vers la base que le microcline est le plus abondant. La tourmaline semble plus fréquente que dans la zone de bordure. On y observe les roches suivantes, de bas en haut :

- grès-quartzites feldspathiques grossiers blancs, à matériel d'origine éolienne, azoïques;
- siltstones feldspathiques légèrement micacés ferruginisés, en plaquettes, brun rouge, azoïques;
- grès-quartzites très grossiers, ou conglomérats fins à gros grains de quartz roulés, à ciment de grès-quartzite très légèrement calcaire, gris clair, azoïque.

Caractères généraux des grès feldspathiques grossiers.

Les grès feldspathiques, comme on peut le voir sur le tableau stratigraphique, sont caractérisés par :

- une *puissance* assez faible allant de 0 à 10 m;
- une *stratification* assez grossière, mais jamais massive, pouvant comporter de belles stratifications entrecroisées, mais limitées à des bancs de quelques décimètres;
- une *texture détritique grossière* à grains jointifs présentant parfois un début de nourrissage;
- une *granulométrie* très étalée (moyenne des grains comprise entre 110 μ et 2 000 μ), où la phase fine (de 4 μ à 40 μ) est très réduite;
- une *morphoscopie* complexe :
 - avec des grains de *sphéricité élevée* (sphéricité minima de 0,5 et souvent de 0,7), due parfois à l'usure très poussée des grains et parfois au contraire à l'origine granitique des grains à peine roulés (granites à structure équante de Fort Trinquet);
 - et des grains d'*arrondi très variable* qui semblent indiquer une double origine : grains éoliens de provenance lointaine et grains issus des granites voisins;
- une assez grande variété dans la *nature* des grains. Ceux-ci comportent tous les éléments qu'on rencontre habituellement dans les granites de Fort Trinquet. Par contre les éléments qui sont rares dans ces granites (plagioclases, biotite et tourmaline) sont peu fréquents ou absents. Le feldspath dominant est le microcline perthitisé;
- un *ciment* réduit, très fin, à dominance argileuse, de nature essentiellement *illitique*, avec un peu de *chlorite*, ce qui indique vraisemblablement une tendance fortement détritique. On n'y trouve pas de kaolinite, mais un mélange d'autres minéraux tels que le quartz cryptocristallin, la calcite, la séricite et la goethite.

Aucune faune ni même le moindre débris d'organisme, n'ont été rencontrés dans ce niveau. Les tubes de Scolithes n'apparaissent qu'au-dessus, lorsque la teneur en feldspath diminue dans le grès. Le passage aux grès à Scolithes inférieurs (niveau 5) se fait assez progressivement, par diminution de la teneur en feldspaths et surtout par augmentation du pourcentage en grains très usés.

En conclusion, on peut donc dire qu'il s'agit d'un matériel grossier provenant de l'érosion des granites de Fort Trinquet relativement proches, auquel s'ajoute un matériel vraisemblablement éolien, le tout dans une phase argileuse de caractère également détritique.

3° Les grès à *Scolithes* (Niveaux 5 et 11)

Nous avons vu dans l'étude stratigraphique que les grès à *Scolithes* constituaient deux niveaux distincts, les niveaux 5 et 11 du tableau stratigraphique II. Ces grès se différencient nettement de tous les autres grès et quartzites du « Cambo-Ordovicien » par la constance de leur faciès et la régularité des bancs.

Les grès à *Scolithes* inférieurs reposent sur une surface plane, les creux de la surface granitique ayant été colmatés par les grès feldspathiques. Nous avons vu qu'ils s'épaississent vers le SW et vers l'Ouest. Ils affleurent dans la zone bordière à partir de l'Oumat el Ham en allant vers le Sud, et dans la chaîne de Dhlou. Il ne sera par contre pas possible de dégager des caractères régionaux pour les grès à *Scolithes* supérieurs, puisque nous n'en connaissons pour l'instant que l'affleurement de l'Oued Ezrayeb.

Ces roches étant très constantes, il est difficile de dégager des types différents. Sur la bordure orientale, depuis l'Oumat el Ham jusqu'à El Thlethyate, on rencontre essentiellement deux types qui ne se distinguent que par une plus ou moins grande finesse du grain et un nourrissage plus ou moins intense du quartz :

- grès quartzeux, blanc ou gris, à *Scolithes* (éch. 2000 et 21728);
- grès-quartzites gris à *Scolithes* (éch. 2169 et 21642).

A ces deux types principaux, il faut ajouter dans les zones plus puissantes de l'Ouest, des bancs plus fins, un peu plus ferrugineux, pouvant même passer à des siltstones grossiers (éch. 21718). Mais même dans ces zones, on rencontre toujours les types habituels, surtout les grès-quartzites.

Examen macroscopique.

Ces grès sont toujours caractérisés sur le terrain par un litage très régulier en bancs de 10 à 40 cm de puissance. Le niveau supérieur (11) est constitué de plusieurs bancs toujours réguliers mais plus puissants, de l'ordre du mètre.

A l'intérieur du banc, la structure est massive, toutefois le litage peut être quelquefois visible. Le grès est traversé par de nombreuses tubulures verticales de 3 à 5 mm de diamètre, souvent un peu évasées vers le haut et remplies par un grès de granulométrie différente, généralement plus grossière. Certains échantillons des grès à *Scolithes* inférieurs, dans la zone orientale (éch. 2000), sont peu consolidés et s'effritent facilement. Mais souvent, surtout dans les zones plissées, ils sont consolidés, prennent un aspect de quartzite et dans ce cas les *Scolithes* peuvent devenir des tubulures vides ou constituées d'un grès moins quartzitisé.

Le grain est généralement grossier, mais, surtout dans la zone puissante de Dhlou, il existe des faciès fins (éch. 21719) où apparaissent des micas. Le grès est essentiellement composé de grains de quartz qui, à la loupe, apparaissent fortement usés.

La cassure est généralement grenue, même dans les types quartzitisés; elle peut devenir semi-grenue dans certains grès-quartzites. Sa couleur est blanche dans les grès, elle devient généralement grise, gris rose, gris violacé ou même verdâtre dans les quartzites. La patine est toujours un peu plus foncée, celle des grès blancs est d'un gris clair bien reconnaissable sur le terrain; celle des grès-quartzites gris, d'un gris plus foncé.

Dans les types friables, le ciment est très réduit. Parfois à Dhlou il devient un peu ferrugineux. C'est le plus souvent un ciment quartzeux non visible à l'œil dans les types quartzitiques. CIH normal a en général une très légère action sur le ciment, action facilitée dans les zones fissurées du grès. L'éch. 21721 du log Z₄ du B. R. P., rapporté sans certitude au niveau 5, est franchement plus calcaire et donne une assez forte effervescence.

Ces niveaux ne comportent pas de faune proprement dite. Toutes les roches sont caractérisées par la présence de tubulures rectilignes et verticales de *Scolithus linearis*, généralement espacées de 3 à 7 cm les unes des autres. En dehors de ces traces, dans le niveau 11 on observe à la loupe (éch. 2186) de nombreuses sections en long et en travers, à structure concentrique, de l'ordre du 1/2 mm, de couleur jaunâtre, que l'étude au microscope nous révélera être composées de phosphate.

Examen microscopique (Pl. IX, fig. 4).

L'examen microscopique montre que les faciès diffèrent par leur granulométrie plus ou moins grossière et surtout par l'intensité du nourrissage.

+ type grès-quartzeux blanc grossier (éch. 2000)

- texture détritique à grains jointifs;
- grains arrondis de *quartz* dominant, certains de grosse taille ($3\,600\,\mu - 2\,400\,\mu - 800\,\mu$); d'autres plus petits, généralement plus anguleux;
- grains de *microcline* plus rares;
- *muscovite* détritique rare;
- le tout mal classé, hétérogranulaire, dans un ciment mal consolidé constitué par les mêmes éléments, surtout *quartz* en fins granules ($380\,\mu - 250\,\mu - 30\,\mu$); le nourrissage des grains est presque nul.

+ type grès-quartzite fin, à *Scolithes* remplis par un grès plus grossier à ciment pélitique (éch. 2169).

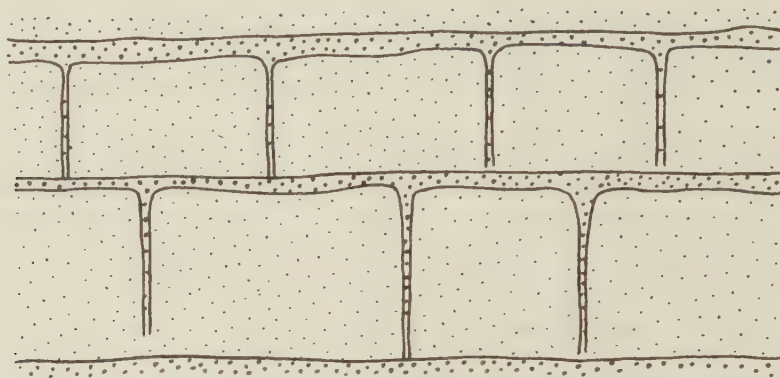


FIGURE 35. — Coupe verticale de bancs à *Scolithes*

Dans ce type, la roche, comme le montre la fig. 35, est constituée de deux parties distinctes;

a) Grès-quartzite fin (un peu calcaire et ferrugineux)

- texture granulaire fine en mosaïque;
- grains de *quartz* nourris bien calibrés ($200\,\mu - 90\,\mu - 40\,\mu$);
de *plagioclases* très altérés (*séricite*, *calcite*);
- lamelles écrasées et altérées de *biotite* et *muscovite*;
- ciment réduit d'hydroxyde de fer (*goethite*), de *séricite* et de *calcite*.

b) Grès à ciment pélitique, à *Scolithes*

- texture détritique à grains presque jointifs;
- grains de *quartz* bien roulés ($850\,\mu - 450\,\mu - 200\,\mu$) très peu nourris;
de *feldspaths* altérés rares;
de *tourmaline* et de *zircon*;
- quelques paillettes de *muscovite* détritique;
- ciment composite de petits grains de *quartz* ($90\,\mu$), de *goethite*, de *séricite*, *muscovite*, *chlorobiotite* en paquets colorés par l'oxyde de fer, de *calcite* et d'*argile*.

Il semble bien que le grès des tubulures de *Scolithes*, plus grossier, corresponde à un remplissage postérieur au dépôt du banc dont la granulométrie est plus fine, mais antérieur au dépôt du banc sus-jacent : en effet (fig. 35) la partie terminale du banc est entièrement constituée par un grès de même nature que celui qui comble les tubulures.

A ces deux principaux types s'ajoutent dans la chaîne de Dhlou des quartzites plus fins, où le nourrissage est plus marqué. Mais ils conservent un « air de famille » avec les roches précédentes par la présence de quelques gros *quartz* disséminés ($1\,100\,\mu - 500\,\mu - 300\,\mu$) à bords rongés par la recrystallisation, mais dont la forme générale laisse supposer qu'ils étaient à l'origine très usés (type éolien). Ces roches sont un peu plus feldspathiques (*plagioclases* et *microcline*) et contiennent des micas détritiques (*muscovite* et *biotite*).

Le seul faciès actuellement connu du niveau 11 (grès à *Scolithes* supérieurs de l'Oued Ezrayeb) est à rattacher au deuxième type (b). La texture est franchement en mosaïque. Quelques gros *quartz* bien roulés de $1\,200\,\mu$ baignent dans un grès-quartzite bien calibré de grains de *quartz* nourris ($700\,\mu - 200\,\mu - 60\,\mu$) avec un ciment réduit de *quartz* et de *calcite*. Là encore les *Scolithes*, comme

pour le niveau 5, sont remplis par un quartzite plus grossier, constitué d'anciens grains très arrondis (arrondi atteignant souvent 0,9), (1 000 μ - 600 μ - 150 μ), mais ici fortement nourris.

Dans les deux portions de ce grès-quartzite du niveau 11, se trouvent des *sections organiques phosphatées*, subcirculaires ou ovales, à couches d'accroissement concentriques, de nature phosphatée. Ces débris organiques n'ont pas encore été identifiés.

Dans la chaîne de Dhlou, certains grès à Scolithes ont été attribués au niveau 11. Ils se caractérisent par une granulométrie un peu plus fine et par une forte recristallisation. Ce sont des quartzites et des grès-quartzites fins.

Analyse des argiles.

Ces grès ont un ciment essentiellement quartzeux : ils proviennent de sables bien lavés. L'argile y est donc en quantité extrêmement réduite. Seul un échantillon de la chaîne de Dhlou (log. Z 4) s'est révélé un peu argileux. Son analyse a montré qu'il s'agissait d'illite à 100 %.

Analyse chimique (tableau d'analyses chimiques 4, analyse 33).

Les grès à Scolithes étant composés essentiellement de silice, leur analyse ne présentait pas un grand intérêt. La seule roche analysée est le grès-quartzite à Scolithes du niveau supérieur de l'Oued Ezrayeb. La teneur en silice atteint 97,5 % et celle de la calcite environ 1 %. Cette roche a une teneur en phosphate de 0,6 % méritant d'être notée et qui correspond aux sections phosphatées observées au microscope.

Caractères généraux des grès à Scolithes.

Les grès à Scolithes du Zemmour sont très caractéristiques; très différents des autres grès du « Cambro-Ordovicien », surtout dans la zone orientale, ils constituent un repère fort utile pour la cartographie locale. Il se reconnaissent en effet facilement sur le terrain, tant par leur faciès que par leur mode de gisement.

Ce sont les seuls grès du « Cambro-Ordovicien » à offrir une sédimentation très régulière en bancs de 10 à 40 cm (et de 1 m pour le niveau supérieur); ils ne présentent généralement pas de stratification entrecroisée. Leur puissance varie de 0 à 35 m. Dans la chaîne de Dhlou, il est possible qu'ils atteignent 170 m (log Z₄). En territoire espagnol, ils prennent une très grande extension dans les chaînes du Sekken, de Dhlou et de la Guelta du Zemmour. Ce sont des grès clairs, blancs ou gris clair à la cassure fraîche, à patine grise ne prenant jamais la couleur brun noir des grès de la série de Garat el Hāmoueïd. La cassure est grenue, la roche est souvent friable, mais peut passer, surtout dans la zone occidentale plissée et puissante de l'Ouest, à de véritables quartzites.

La nature des clastiques est variée, mais le quartz est l'élément largement prédominant, beaucoup plus que dans les grès feldspathiques. Le microcline, sauf à Dhlou, devient bien plus rare que dans ces grès. Par contre, on y rencontre au moins autant de plagioclases. Les micas détritiques sont toujours présents : muscovite, biotite et plus rarement chlorite. La tourmaline, le zircon et parfois des grains de phosphate semblent plus fréquents que dans les grès feldspathiques. Par rapport à ces derniers, on peut dire que le classement est meilleur, le grès s'enrichissant en quartz au détriment des éléments instables tels que le microcline. Mais des minéraux d'origine peut-être plus lointaine, tels que plagioclases, micas, tourmaline et zircon apparaissent ou deviennent plus fréquents.

La granulométrie moyenne des échantillons est comprise entre 50 et 500 μ (alors qu'elle était de 110 à 2 000 μ dans les grès feldspathiques). Ce décalage, dans la granulométrie moyenne du niveau, s'observe bien sur le tableau stratigraphique II. On peut donc parler d'un classement meilleur en dimension que pour les grès feldspathiques, mais en faisant toutefois la réserve que le caractère hétérogranulaire reste encore très marqué.

La morphoscopie de la phase grossière montre que les gros grains sont généralement très roulés (arrondi allant de 0,6 à 0,9, ce chiffre maximum étant très fréquent). Pour la phase fine, il est difficile de se prononcer à cause du nourrissage ou de la recristallisation des petits grains. Quant à la sphéricité minima, elle est toujours assez élevée (> 0,5). On n'observe pas de grains très allongés.

La phase argileuse est pratiquement nulle, ce qui dénote un « lavage » du sable plus poussé que pour les grès feldspathiques sous-jacents. Lorsqu'il y a un peu d'argile, il s'agit uniquement d'illite, ce qui confirme le caractère détritique du sédiment.

Le ciment est toujours faiblement calcaire, il contient quelques micas, du quartz très fin, mais le

nourrissage est très variable, d'où une gamme de roches allant des grès aux quartzites, ces derniers se développant surtout dans les faciès fins.

Les manifestations de la vie, dans ces niveaux, se réduisent à :

- des *Scolithus*, petits tubes verticaux qui, au microscope, apparaissent remplis par un grès généralement plus grossier que la roche encaissante, franchement éolien, et qui s'évase au sommet pour former une couche continue entre les tubes;
- des *petits débris phosphatés* indéterminés, dans le niveau supérieur (11).

Par rapport aux grès feldspathiques, on constate une évolution, d'ailleurs progressive sur une coupe verticale, vers des sables mieux triés, mieux lavés, où les argiles et le microcline deviennent rares, à granulométrie un peu moins grossière, où le quartz roulé devient plus abondant tout en étant encore assez mal calibré.

Ces observations pétrographiques, liées au mode de gisement en bancs réguliers, évoquent un sable déposé en milieu marin côtier, dans une mer très peu profonde, à partir d'un matériel en grande partie d'origine éolienne provenant du continent.

Caractères distinctifs du niveau des grès à Scolithes supérieurs.

Malgré l'étendue limitée des affleurements de l'Oued Ezrayeb, il est possible de dire que le niveau 11 se caractérise par :

- 1° des bancs plus puissants (1 m);
- 2° des *Scolithes* plus longs;
- 3° un matériel au caractère éolien encore plus marqué;
- 4° un nourrissage plus poussé.

Mais les ressemblances entre les deux niveaux 5 et 11 sont très grandes (voir tableau stratigraphique II), et c'est surtout par leurs positions stratigraphiques différentes que l'on peut espérer les distinguer. Il y a là une récurrence de faciès particulièrement frappante.

4° *Les schistes micacés à glauconie (argiles, pélites et siltstones)*

Les niveaux 6, 8 et 9 présentent de grandes analogies pétrographiques. Aussi seront-ils étudiés sous la même rubrique. Il s'agit de différents faciès schisteux (au sens « shale »), tous compris entre les deux niveaux de grès à *Scolithes*. Rappelons que cet ensemble débute par des argiles (6), les argiles à *Acrothele* d'Aghachan el Akhdhar; et qu'il se termine de même par des argiles, les argiles supérieures (9). Entre ces deux niveaux argileux, se développe, sur une puissance d'environ 120 m, toute la masse de la formation (8), constituée de diverses roches schisteuses (pélites micacées à glauconie, siltstones micacés) dans lesquelles sont interstratifiés quelques très minces bancs de calcaire silteux à cone-in-cone (8 bis) et surtout de petits bancs très riches en glauconie.

Toutes les roches rencontrées dans cet ensemble sont de nature détritique, mais, par rapport aux roches que nous venons de décrire, elles présentent une granulométrie beaucoup plus fine, où dominent les groupes des pélites et des siltstones. Sur le terrain, l'abondance du mica est un caractère frappant, d'où le nom provisoire de psammite qu'on est tenté de leur donner (J. Sougy, 1951). Mais ce terme s'applique plutôt à des grès qu'à des siltstones. C'est pourquoi il sera abandonné ici, les véritables psammites n'étant qu'exceptionnels dans cette formation.

Ces schistes affleurent très bien tout le long de la bordure orientale du Zemmour, depuis Bou Dheir jusqu'à El Thlethyate; dans la chaîne de Dhlou, les schistes compris entre les deux masses de grès à *Scolithes* semblent bien en être l'équivalent et doivent y être rapportés.

L'étude pétrographique permet de distinguer les principales roches suivantes :

Les schistes

Suivant la granulométrie décroissante, on distingue :

Grès : (moy. > 60 μ).

grès-quartzites fins micacés feldspathiques un peu calcaires (psammites), à glauconie, très riches en minéraux lourds, gris clair (type relativement rare);

Siltstones : (moy. de 20 à 60 μ).

siltstones micacés (psammitiques) argileux gris verdâtre (faciès courant dans la chaîne de Dhlou);

Pélites : (moy. de 2 à 20 μ).

- pélites micacées un peu gréseuses, à glauconie et à débris phosphatés de Lingulidés;
- pélites micacées argileuses;

Argiles : (dominance de la phase argileuse).

- argiles micacées toujours plus ou moins silteuses (niveaux 6 et 9).

Les roches associées

Glaconitites : glauconitites à ciment pélitique micacé (anciens sables verts);

Calcaires : calcaires silteux poecilithiques micacés à cone-in-cone et débris de Lingulidés.

I. — Les schistes

Les faciès schisteux (grès très fins, siltstones, pélites et argiles, tous micacés) présentent de l'un à l'autre tous les passages; mais c'est nettement le type pélite micacée (avec ou sans glauconie) qui domine largement. L'étude sera donc centrée sur ce type moyen, et les différences des autres roches seront signalées en même temps.

Examen macroscopique.

A l'affleurement, ces roches apparaissent sous forme d'un empilement de petits lits irréguliers, qui, avec du recul, donnent l'impression d'une stratification très régulière.

La structure est litée. Les schistes les plus grossiers (siltstones et quartzites fins) se débitent en plaquettes de 0,8 à 2 cm d'épaisseur. Les roches plus fines, à structure schisteuse, donnent de minces plaquettes de 0,3 à 0,7 cm. Les plaquettes des pélites et des siltstones se détachent suivant des faces courbes, signe d'une stratification irrégulière dans le détail. Les grès et les argiles ont au contraire un débit en plaquettes bien planes. Ces roches sont indurées; généralement elles ne troublent pas l'eau. Les types les plus argileux (niveau 6 et 9) peuvent se désagréger dans l'eau ou tout au moins la troubler fortement quand on les y écrase.

Le grain, variable suivant les types, n'est généralement pas visible à l'œil. Mais les pélites et les argiles grattent sous la dent. Elles sont douces au toucher, grâce à la phase argileuse, surtout les plus fines d'entre elles. Les éléments ne sont pas visibles à l'œil, sauf de fines paillettes de micas, parfois très abondantes, notamment de mica blanc. On distingue aussi la glauconie, sous forme de grains de l'ordre du 1/2 mm ou du millimètre, disséminés dans la roche ou accumulés dans certains lits privilégiés, pouvant devenir de véritables lits de glauconite (voir p. 154). Les grains sont d'un vert très sombre.

La couleur dominante de ces schistes est le vert, ce qui se remarque parfaitement sur les affleurements observés de loin. Les échantillons sont généralement gris verdâtre, parfois vert clair ou gris. Lorsque le grès devient plus grossier, la couleur est franchement grise. Les argiles supérieures (9) sont noires lorsqu'elles sont fraîches. Ces dernières peuvent être salées. La plupart de ces roches ne donnent aucune effervescence sous l'action de ClH normal, sauf dans quelques cas où l'effervescence reste toutefois très légère.

Examen microscopique.

Dans toutes ces roches, la texture détritique fine est la règle. Dans le type gréseux fin, elle est à grains jointifs et peut devenir microgranulaire en mosaïque par nourrissage des grains. Pour des granulométries plus fines, siltstones, pélites et plus particulièrement argiles, la texture, toujours du type détritique fine, devient à grains presque jointifs, puis à grains non jointifs. Lorsque les micas sont particulièrement abondants, elle peut être très orientée.

La roche la plus fréquente est une *pélide micacée très légèrement gréseuse, à grains de glauconie et à débris phosphatés de Lingulidés* (exemples : éch. 315, 2001) (Pl. X, fig. 2) :

- texture détritique très fine, avec quelques gros grains épars de glauconie
- quelques gros grains de *quartz* (moins de 5 %) très roulés, épars (1 200 μ — 500 μ — 250 μ) et de *feldspaths* altérés plus rares
- grains abondants de *glauconie* en « chou-fleur » (Pl. X, fig. 1), pouvant s'oxyder en une matière ferrugineuse, s'accumulant parfois pour former des lits de glauconite

- débris de *phosphate de chaux* brun et débris de Brachiopodes phosphatés
- quelques lames (max. 250 μ) de *biotite*, *muscovite* et *chlorobiotite*
- ciment constitué par une pélite micacée :
 - grains de *quartz* détritique anguleux (4 à 20 μ)
 - petites lamelles abondantes de *muscovite*, *biotite altérée*, *chlorobiotite*
 - grains d'oxydes et hydroxydes de fer (*goethite*)
 - fond difficile à résoudre, de *quartz cryptocristallin*, de *séricite*, d'oxydes de fer diffus et d'*argile*.

A côté de ce type, choisi parce que le plus caractéristique et le plus fréquent, on rencontre d'autres schistes, variant par l'absence de certains des constituants (glauconie par exemple) ou par une granulométrie différente.

Généralement le quartz se répartit en deux granulométries bien distinctes, notamment dans les pélites : une phase grossière, qui n'est pas toujours représentée, à indice d'arrondi très élevé (0,8), phase très disséminée dans la roche (éolienne vraisemblablement); une phase fine, existant dans toute la formation, constituée de grains ne dépassant pratiquement jamais 60 μ , et dont la moyenne varie de 10 à 40 μ (tableau stratigraphique II). Cette deuxième granulométrie est donc à cheval sur les pélites et les siltstones grossiers. Dans la terminologie anglaise ces quartz seraient donc bien des silts (de 4 à 60 μ). Il n'existe pas de véritables grès : l'échantillon 21639 de Khang Ezrayeb est le plus grossier de toute la formation avec un diamètre moyen des grains de 60 μ et un diamètre maximum de 140 μ .

Cette double granulométrie, dont la plus grossière n'est qu'intermittente, semble indiquer qu'il y a deux apports différents :

1° un apport irrégulier et réduit de grains éoliens

2° un apport de vases, régulier dans toute la formation, très bien classé.

J. BURCART pense (comm. orale, 1955), au vu des plaques minces, qu'il s'agit d'un sédiment provenant d'une vase typique.

Quant aux argiles des niveaux 6 et 9, ce ne sont que des termes plus fins des roches de la même famille. Elles sont très micacées et contiennent toujours du quartz détritique mais plus disséminé. La glauconie y devient rare, argile et glauconie paraissant incompatibles.

Les clastiques de ces schistes ont une nature minéralogique variée. Le *quartz* est l'élément dominant, mais on trouve aussi souvent un peu de *feldspath*. Le microcline est beaucoup plus rare que dans les roches sous-jacentes. Par contre les *micas* abondent, sous forme de quelques grosses paillettes et surtout d'une fine poussière dans la phase fine. Il faut signaler en plus de la *muscovite*, habituelle dans tout le Paléozoïque du Zemmour, la *grande abondance de la biotite*, sous des formes plus ou moins altérées en chlorobiotite. Enfin accessoirement, on trouve des minéraux lourds tels que *tourmaline*, *zircon* et *apatite*.

Les débris de *phosphate* sont peu abondants mais toujours présents, sous forme de grains ou de débris organiques (Lingulidés).

La glauconie est surtout présente dans le faciès pélite ou siltstone; elle est rare dans les faciès argileux. Elle apparaît sous forme de gros grains mamelonnés (voir l'étude détaillée de cette glauconie p. 154 à 158).

Le ciment, qui agglomère tous ces éléments, est essentiellement quartzo-phylliteux, difficilement résolvable au microscope. On a reconnu dans diverses plaques minces : argile, quartz cryptocristallin, goethite, phosphate, glauconie pigmentaire (rare), séricite, calcédonite et chlorite.

Analyse des argiles aux rayons X.

Neuf analyses ont été réalisées sur ces roches, en vue de déterminer la nature des argiles et leurs

Niv. str.	Ech.	Illite	Chlorite	Kaolinite
9	21732	100	—	tr.
9	2183	90	10	—
8	21730	90	10	—
8	21643	90	10	—
8	21504	100	—	—
8	2036	80	20	—
8	315	90	10	—
6	2171	100	—	—
6	2025	70	—	30

TABEAU n° 8

proportions respectives. Ici encore, l'illite s'est révélée prédominante avec des proportions de 70 à 100 % (90 % pour la moyenne des 9 analyses). Le complément est fourni par 0 à 20 % de chlorite.

Cependant les argiles micacées à *Acrothele* (niveau 6) sont caractérisées par une plus forte proportion de kaolinite (30 %), à Aghachan el Akhdhar, juste au-dessus des grès à *Scolithes* inférieurs. En revanche, les argiles supérieures ne contiennent pas de kaolinite, si ce n'est sous forme de traces.

Il semble donc que cette épaisse série de schistes provienne de l'accumulation d'illite détritique avec apport de kaolinite uniquement dans les premiers mètres de sédimentation, correspondant au lessivage du sol granitique avant une érosion plus marquée. Cette kaolinite pourrait correspondre à une transgression des schistes, transgression que l'étude stratigraphique a mise en évidence.

Analyses chimiques.

Ces roches sont trop complexes pour que l'on puisse espérer tirer des conclusions intéressantes des analyses chimiques. C'est pourquoi on a seulement effectué une analyse pour les argiles de la base (analyse 25), deux analyses pour les pélites à glauconie (28-29) et une pour les argiles supérieures (32) (tableau d'analyses chimiques 4). Ce sont des analyses de schistes moyens, ayant des teneurs normales en alumine et en potasse. La teneur en fer est également normale, sauf si la glauconie est abondante, cas de l'analyse 30. Toutes ces roches, à part le niveau supérieur 9, présentent des traces de phosphate. La calcite, dont le calcul ne peut donner qu'une valeur maxima, ne dépasse pas 1,8 %.

Ces analyses indiquent donc des schistes moyens à traces de phosphates et peut-être un peu plus riches en fer que la moyenne.

L'analyse 25 (éch. 21729) d'une argile de l'Oumat Chaggag du niveau à *Acrothele* est essentiellement composée du mélange de différentes argiles. On peut tenter un calcul très approché des teneurs en argiles théoriques :

Analyse 25	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻
Pourcentages	55.11	19.95	8.10	—	0.02	1.63	0.86	0.26	3.70	1.00	0.10	0.68	5.32	2.50
Millimolécules	918.7	195.6	50.6	—	0.3	40.4	15.4	4.2	39.4	12.5	0.7			

Illite (riche en K) : (1)

26 SiO ₂	341.4
11 Al ₂ O ₃	144.4
3 K ₂ O	39,4
8 H ₂ O	105.0

$$1 \text{ Illite} \quad 13.1 \times 3 \ 108 = \boxed{40.7 \%}$$

de la roche

Illite (pauvre en K) : (2)

14 SiO ₂	551.6
5 Al ₂ O ₃	197.0
1 K ₂ O	39,4
4 H ₂ O	156.8

$$1 \text{ Illite} \quad 39.4 \times 1 \ 516 = \boxed{59.7 \%}$$

Chlorite

3 SiO ₂	24.2
1 Al ₂ O ₃	8.1
5 MgO	40,4
4 H ₂ O	32.2

$$1 \text{ Chlorite} \quad 8.1 \times 556 = \boxed{4.5 \%}$$

(1)	(2)
144.4	197.0
8.1	8.1
152.5	205.1

Total de Al₂O₃ utilisé pour le calcul de l'illite et de la chlorite :

(1)	(2)
195.6	Il n'y a
— 152.5	pas assez
43.1	de Al ₂ O ₃

Reste de Al₂O₃ pour le calcul de la kaolinite :

Kaolinite

2 SiO ₂	86,2
Al ₂ O ₃	43.1
2 H ₂ O	86.2

$$1 \text{ Kaolinite} \quad 43.1 \times 258 = \boxed{11.1 \%}$$

Une autre étude ayant montré qu'il y avait 28 % de quartz, c'est le type illite riche en K qui correspond le mieux au calcul; il reste en effet :

	Equivalents moléculaires utilisés	Equivalents moléculaires restant	Pourcentage
Si O ₂	451,8	466,9	28 % de quartz
Al ₂ O ₃ ..	195,6	0	
MgO	40,4	0	
K ₂ O	39,4	0	
H ₂ O	223,4	72,2	1,3 % (hydroxydes)

D'après l'analyse, la composition minéralogique de cette argile pourrait donc ainsi se décomposer :

Quartz	28,0 %	
Argiles { Illite	40,7 %	} 56 %
{ Chlorite	4,5 %	
{ Kaolinite	11,1 %	
Carbonates	1,5 %	
Hydroxydes de fer	9,4 %	
Eau libre	2,5 %	
	97,7 %	

L'argile à *Acrothele* est donc une argile silteuse ferrugineuse, à dominance illitique. Ce type de calcul n'est qu'un essai; en effet la composition de la roche est trop complexe et les minéraux eux-mêmes ont des compositions trop variables pour qu'on puisse voir dans les résultats autre chose qu'un ordre de grandeur purement indicatif.

II. — Les roches associées

a) Les glauconitites

Dans les pélites à glauconie qui viennent d'être décrites (niveau 7), certains lits s'enrichissent en glauconie, au point que la roche en est essentiellement composée. Ces lits n'ont au maximum que quelques centimètres de puissance; ils sont de couleur vert foncé. La glauconie apparaît sous forme de petits grains de 1/2 à 1 mm. Ces bancs sont les plus propices à son étude. La question m'ayant été posée plusieurs fois de savoir s'il s'agissait vraiment de glauconie, nous l'étudierons ici en détail.

Cette glauconie se présente macroscopiquement sous forme de petits grains vert sombre, inclus dans la roche, visibles à l'œil nu (0,5 à 1 mm). Ces grains sont tranchés sur la cassure de la roche fraîche, mais lorsque la roche est un peu lessivée, la cassure respecte la forme des grains. La glauconie peut occuper la moitié de la roche, parfois jusqu'aux deux tiers.

Au microscope, les sections montrent que les grains ont des formes compliquées, mamelonnées, lobées (Pl. X, fig. 1-2) avec des fissures qui évoquent les fentes de retrait d'un matériel qui se serait contracté pendant la diagenèse. Les sections rappellent des sections de « cervelle » ou de « chou-fleur ». La forme générale des grains est elliptique, ovoïde ou sphérique. Leurs dimensions sont variables suivant les niveaux, mais en général ils ont des diamètres moyens de 300 μ et les plus gros atteignent 600 μ , parfois 1 000 μ dans certains niveaux.

La forme même, contournée, avec golfes, mamelons, fissures, laisse à penser qu'il s'agit d'un minéral peu ou pas transporté, formé dans le milieu même de sédimentation et solidifié pendant la diagenèse. C'est le type lobé (lobate) de la classification proposée par M. A. LIGHT (1952, p. 74), correspondant bien à sa description de ce type : « grains with surface structures consisting of grooved indentations, which have been described as lobate, polylobate, papilliform, reniform, etc... », type qui s'oppose aux autres types de sa classification : « grooved » et « tabular ». Ces grains sont également très comparables au type « free-form » décrit et figuré par J. F. BURST (1958). On comparera la fig. 1 de la Pl. X aux fig. 3d et 5c, p. 314 et p. 318 de l'article de J. F. BURST. Ce sont

vraisemblablement des grains non détritiques; ils ne sont pas usés, donc ne proviennent pas de grès verts antérieurs remaniés.

Dans plusieurs plaques minces (éch. 21639 par exemple), on a observé des passages progressifs entre la biotite verte et la glauconie. Les grandes biotites détritiques (rares d'ailleurs dans la roche) semblent s'altérer en chlorobiotite, puis elles se desquament en feuillets pour aboutir à la glauconie. Notons que toutes ces roches sont très riches en très fine biotite, qui constitue une bonne partie du ciment pélitique enrobant les grains de glauconie (le ciment de la glauconite étant une pélite identique à la pélite décrite précédemment). Dans la plaque mince 21730, il est parfois difficile de faire la distinction entre certains grains de glauconie et le ciment phylliteux, constitué d'argiles et de phyllites.

Ces observations conduisent à penser que l'origine de cette glauconie est peut-être à rechercher dans la présence, en grande quantité, de micas (biotite) et peut-être d'illite, dans la roche. Ces deux minéraux potassiques ont été invoqués dans la discussion sur l'origine, très controversée, des glauconies. E. W. GALLIHER (1935a, 1935b) pour le premier; M. A. LIGHT (1952) pour le second.

La glauconie du Zemmour a une belle couleur verte (elle devient brune par altération); elle est cryptocristalline. Elle a donc bien les caractères optiques de la glauconie. Toutefois comme la confusion peut être faite avec d'autres minéraux, tels que les chlorites, une étude plus poussée a été réalisée sur les grains.

Analyse aux rayons X (G. SABATIER, Laboratoire de Minéralogie de la Sorbonne, Paris).

Une analyse par la méthode Debye et Scherrer a montré que des grains isolés de glauconie (éch. 315) donnaient la raie à 4,5 Å des micas. Il s'agit donc bien d'un réseau construit sur le type mica, en feuillet. Cette analyse a été confirmée par un diagramme obtenu par la méthode du goniomètre, qui a révélé la même raie.

Analyse chimique.

Les grains de glauconie ont été isolés sur l'échantillon 2001 par broyage modéré, tamisage et tri magnétique, puis à la loupe binoculaire. Les grains mixtes et stériles ont été enlevés. La glauconie obtenue (Pl. X, fig. 1) est pure à au moins 90 %. Toutefois il est impossible de débarrasser complètement les grains des impuretés (quartz et micas) contenues dans les fissures.

Le tableau d'analyses chimiques 4 donne l'analyse de ces grains séparés (analyse 30). Dans le tableau n° 9, elle est comparée à d'autres analyses de glauconies, données dans la littérature par divers auteurs (R. E. GRIM, V. P. PÉTELIN, E. W. GALLIHER, S. B. HENDRICKS et C. S. ROSS). Certaines de ces analyses et notamment l'analyse 10 (n° 38 de S. B. HENDRICKS et C. S. ROSS) sont très comparables à l'analyse de la glauconie du Zemmour.

D'après I. A. PRÉOBRAGENSKY et S. G. SARKISIAN (1954), la composition chimique des glauconies peut varier dans les limites suivantes :

SiO ₂	47,6	à	52,9 %
Al ₂ O ₃	5,5	à	22,6 %
Fe ₂ O ₃	6,1	à	27,9 %
FeO	0,8	à	8,6 %
MgO	2,4	à	4,5 %
CaO	1 %	(normalement sous forme de carbonates)	
Na ₂ O	0,0	à	3,0 %
K ₂ O	4,0	à	9,5 %
H ₂ O	4,9	à	13,5 %

On constatera que les différents pourcentages d'oxydes de la glauconie du Zemmour sont tous compris à l'intérieur de ces limites.

Enfin, puisque les rayons X ont montré que la structure de ce minéral était celle des micas, il appartient à la formule générale :



où Al₂ peut être remplacé par Fe⁺⁺⁺, Fe⁺⁺ ou Mg, et K par Na, Ca ou Mg.

ANALYSES CHIMIQUES DE QUELQUES GLAUCONIES

	GRIM	GRIM	GRIM	PÉTELINE	GALLIHER			HENDRICKS et ROSS				DIADTCHENKO HATUNTCEVA		SOUCY éch. 2001
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	
SiO ₂ . . .	48.66	49.4	51.95	46.51	55.95	51.90	49.09	51.95	42.32	47.59	47.44	48.60		
Al ₂ O ₃ ..	8.46	10.2	17.81	0.50	11.56	1.52	15.21	17.81	16.51	17.99	6.20	17.30		
Fe ₂ O ₃ ..	18.80	18.0	6.17	18.50	9.99	27.98	10.56	6.17	18.91	13.95	21.45	11.15		
FeO . . .	3.98	3.1	3.87	11.17	2.02	1.26	3.06	3.87	2.80	3.70	3.16	2.07		
MnO . . .	—	—	—	—	—	—	—	0.07	—	—	0.02	0.02		
MgO . . .	3.56	3.5	4.76	3.90	6.77	4.67	2.65	4.76	1.74	1.80	4.20	2.85		
CaO . . .	0.62	0.6	0.53	8.42	3.95	0.89	0.55	0.53	2.20	1.22	0.70	0.55		
K ₂ O . . .	8.31	5.1	4.04	1.85	4.12	4.90	6.05	4.04	7.49	7.21	7.25	7.00		
Na ₂ O . . .	0.00	1.4	1.06	0.80	0.61	0.53	1.21	1.06	0.42	0.42	0.76	0.16		
TiO ₂ . . .	—	—	—	—	—	—	—	0.10	—	—	0.17	0.10		
P ₂ O ₅ . . .	—	—	—	—	0.18	0.11	—	0.02	—	—	—	0.10		
H ₂ O ⁺ . .	6.56	8.3	10.06	9.31	3.22	4.05	11.64	9.43	7.48	5.27	6.32	5.95		
H ₂ O ⁻ . .	—	—	—	3.50	1.60	2.10	—	—	—	—	2.60	4.50		
Total . . .	98.95	99.6	100.25	104.46	99.97	99.91	100.02	99.81	99.87	99.15	100.27	100.35		

1. — St Joseph Lead Co mines, glauconite (R. E. GRIM, 1953, p. 372, n° 9).
2. — Norwalk, Wisconsin, glauconite (R. E. GRIM, 1953, p. 372, n° 10) in S. B. HENDRICKS et C. S. ROSS (1941).
3. — South Tyrol, Germany, glauconite (R. E. GRIM, 1953, p. 372, n° 11).
4. — Glauconie des sédiments marins contemporains (V. P. PÉTÉLINE, 1954, p. 225, tableau 3) (glauconie actuelle de la Mer d'Ochotsque, U.R.S.S.) (faible teneur en K₂O et Al₂O₃, teneur élevée en FeO et CaO).
5. — Glauconie type ferme, actuel, station n° 153, Monterey Bay, California, U.S.A. (E. W. GALLIHER, 1935a, p. 1359).
6. — Glauconie type spongieux, actuel, station n° 128, Monterey Bay, California, U.S.A. (*ibidem*).
7. — S. B. HENDRICKS et C. S. ROSS (1941, analyse n° 15).
8. — S. B. HENDRICKS et C. S. ROSS (1941, analyse n° 17).
9. — S. B. HENDRICKS et C. S. ROSS (1941, analyse n° 38).
10. — S. B. HENDRICKS et C. S. ROSS (1941, analyse n° 40).
11. — M. G. DIADTCHENKO et A. I. HATUNTCEVA (1955), glauconie d'origine continentale, Basse Ircha, Bassin du Dniepr.

CALCUL DE LA FORMULE DE LA GLAUCONIE DU NIVEAU DES PELITES
(échantillon 2001, analyse chimique 30)

Nom des oxydes	% Analyse 30	Poids moléculaires	Nombre mol. d'oxydes pour 100 g	Nombre de cations dans oxydes	Nombre d'atomes pour 100 g	Valence du cation	Nombre de valences électropositives pour 100 g	Coefficient $K = \frac{22}{5.0486}$	Nombre d'atomes pour 100 g (6 ^e colonne)	Nombre at. de cations pour 22 val. (K × col. 6)	Formule	Nombre d'atomes par couches
SiO ₂	48.60	60	0.8100	1	0.8100	4	3.2400	4.357	0.8100	3.53	Si	= 4 couche tétraédrique
Al ₂ O ₃ ..	17.30	102	0.1696	2	0.3392	3	1.0176	4.357	0.3392	1.48	Al	
Fe ₂ O ₃ ..	11.15	160	0.0697	2	0.1394	3	0.4182	4.357	0.1394	0.61	Al	
FeO	2.07	72	0.0288	1	0.0288	2	0.0576	4.357	0.0288	0.13	Fe ⁺⁺	= 2.06 couche octaédrique
MgO ...	2.85	40	0.0707	1	0.0707	2	0.1414	4.357	0.0707	0.31	Fe ⁺⁺	
CaO ...	0.55	56	0.0098	1	0.0098	2	0.0196	4.357	0.0098	0.04	Mg	
K ₂ O ...	7.00	84	0.0745	2	0.1490	1	0.1490	4.357	0.1490	0.65	Ca	= 0.71 couche intermédiaire
Na ₂ O ...	0.16	62	0.0026	2	0.0052	1	0.0052	4.357	0.0052	0.02	K	
											Na	
							5.0486					

Formule de la glauconie du Zemmour :

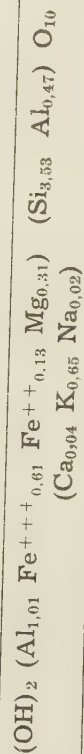
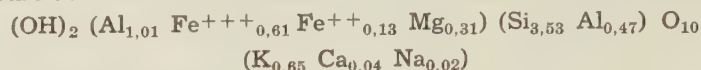


TABLEAU n° 10

On peut alors calculer la formule structurale de cette glauconie par la méthode de C. O. HARVEY (1943, p. 541-543), exposée par G. MILLOT (1949, p. 116-118) (1).

On trouvera le détail du calcul sur le tableau n° 10. On aboutit à la formule suivante :



avec un rapport $\text{Fe}^{+++} / \text{Fe}^{++}$ de 4,7.

On peut comparer cette formule à celles communiquées par S. B. HENDRICKS et C. S. ROSS (1941, p. 696, tableau 3). Parmi les 32 formules données par ces auteurs, les quatre les plus proches sont reproduites ici pour montrer qu'elles sont très voisines de la glauconie du Zemmour (tableau n° 11).

Ech.	Cations entre les feuillets	Couche octaédrique				Couche tétraédrique Si	Nombre d'ions dans la couche octaédrique	Fe ⁺⁺⁺ Fe ⁺⁺
		Al	Fe ⁺⁺⁺	Fe ⁺⁺	Mg			
ZEMMOUR 2001	0,71	1,01	0,61	0,13	0,31	3,53	2,06	4,7
H. et R. n° 3	0,83	0,35	1,12	0,19	0,40	3,58	2,06	5,9
n° 17	0,56	1,12	0,33	0,22	0,50	3,65	2,17	1,5
n° 18	0,83	0,54	0,90	0,19	0,41	3,65	2,04	4,7
n° 22	0,73	0,73	0,73	0,18	0,42	3,69	2,06	4,1

TABLEAU n° 11

L'échantillon du Zemmour a un nombre d'Al dans la couche octaédrique plus fort que la plupart des échantillons de S. B. HENDRICKS et C. S. ROSS. Mais les chiffres restent dans l'ensemble très concordants. Notons que la glauconie analysée n'était pas absolument pure, surtout à cause du remplissage des lobes et fissures des grains par la pélite micacée de la gangue. Ces impuretés sont certainement inférieures à 10 %. Et de plus, les analyses faites sur ce type de roche (voir les analyses 28 et 29, tableau d'analyses chimiques 4) montrent que la roche n'a pas une composition très différente de la glauconie elle-même. L'erreur reste donc minime.

Pour conclure, on peut dire que les différentes études faites sur les grains verts des pélites micacées, étude au microscope, aux rayons X, analyse chimique et calcul de la formule structurale, sont toutes concordantes pour démontrer qu'il s'agit bien de glauconie. L'observation des grains à la loupe binoculaire et au microscope a de plus révélé qu'il s'agissait de glauconie non transportée, vraisemblablement authigène.

De plus certaines plaques minces ont montré des passages continus entre la biotite, la biotite verte altérée et la glauconie. Ceci tendrait à prouver que cette glauconie proviendrait bien, ici, de biotite altérée, gonflée et éclatée. Ce mode d'origine a été décrit en détail par E. W. GALLIHER (1935a, 1935b) pour les sédiments actuels de la Monterey Bay (Californie). Remarquons que les pélites du niveau 8 sont particulièrement riches en petits débris de biotite.

Notons encore que cette glauconie se trouve associée à de petits grains de phosphate et à de petits débris de tests phosphatés de Lingulidés. L'apparition de glauconie coïncide ici avec celle des organismes dans le sédiment. Les conditions de sédimentation, et la signification de cette glauconie seront envisagées un peu plus loin (p. 165). Enfin son altération en un corps brunâtre, probablement riche en oxydes de fer ferrique, est souvent observée, surtout à la périphérie des grains, et dans les roches altérées.

b) Les petits lits de calcaires silteux

Toutes les roches que nous venons d'étudier sont particulièrement pauvres en carbonates (max. 1,5 %). Les carbonates, si prédominants dans la série d'El Thlethyate, sont pratiquement absents des séries de l'Oumat el Ham et de Garat el Hamoueïd.

(1) Une méthode de calcul, basée sur le même principe, mais légèrement différente, est donnée par S. B. HENDRICKS et C. S. ROSS (1941, pp. 688-690).

Cependant, dans le niveau 8 (pélites à glauconie), sont interstratifiés de minces bancs de calcaire. On distinguera deux types principaux :

- calcaire silteux poecilithique micacé gris jaune (en lits);
- calcaire sphérolithique à grains de glauconie, très faiblement grés-silteux, à abondants débris de Lingulidés en phosphate de chaux (lenticulaire).

Examen macroscopique.

Ces calcaires se présentent sous forme de petits lits de 2 à 4 cm de puissance, soit bien réguliers, soit sous forme de lentilles de quelques décimètres de longueur. De beaux *cone-in-cone* peuvent occuper toute l'épaisseur du lit ou de la lentille (éch. 316 des Gour Lemdilbeh et 2180 de l'Oued Ezrayeb). La roche est plus ou moins litée, gris jaunâtre ou gris verdâtre. Elle peut être riche en glauconie. La cassure est spatique, mais sur la surface érodée, la roche est grumeleuse. On y observe des lits micacés (mica blanc), et en certains endroits, de petits débris de tests indéterminables. CIH normal donne toujours une forte effervescence.

Examen microscopique.

- structure généralement « poecilithique », c'est-à-dire que le ciment de calcite est constitué de larges cristaux (2,5 mm) enrobant les minéraux clastiques fins; elle peut, sur les échantillons lenticulaires, devenir une structure irrégulière, noduleuse, sphérolithique;
- texture détritique fine à grains non jointifs;
- grains de quartz anguleux, variant entre 180 et 8 μ , mais dont la moyenne est de 20 à 25 μ , ce qui les classe dans les silts moyens; les plus gros grains sont parfois bien usés, mais dans l'ensemble le matériel est anguleux et analogue en tous points à celui des siltstones et pélites à glauconie;
- grains de plagioclases plus rares;
- lamelles assez abondantes de muscovite, biotite et chlorite;
- grains de glauconie verte (130 μ en moyenne), avec parfois de la biotite verte écaillée (comparable aux photos données par E. W. GALLIHER, 1935a, Pl. 110), semblant un stade de passage vers la glauconie;
- débris plus ou moins abondants (éch. 21507) de Lingulidés en phosphate de chaux;
- quelques grains de rutile, de pyrite;
- dans une trame de calcite largement cristallisée (en grands cristaux poecilithiques ou sphérolithiques) avec parfois de la goethite et un peu d'argile.

Dans ce type de roche, on retrouve donc, avec la même granulométrie, tous les éléments des pélites micacées décrites précédemment, mais ici, ces éléments ne sont pas jointifs; ils se sont déposés dans une phase calcaire qui est maintenant largement cristallisée.

Analyse chimique.

L'analyse chimique (tableau 4, analyse 31) montre qu'il s'agit de calcaire vrai (rapport calcaire/dolomite de 97/3) silteux (17 % de silice et silicates) à traces de gypse et de phosphate.

III. — Caractères généraux des schistes micacés à glauconie

Le tableau stratigraphique II permet de résumer rapidement les principales caractéristiques des niveaux 6, 8 et 9. La puissance de cet ensemble schisteux est relativement importante : 120 m environ. Les roches présentent toutes un caractère détritique accusé, y compris les petits lits et concrétions calcaires à *cone-in-cone* que l'on rencontre dans les pélites à glauconie.

Dans tout cet ensemble, la nature des clastiques est variée. L'élément dominant est le quartz. Le microcline est rare, les plagioclases ne sont guère plus fréquents. Par contre les phyllites sont toujours très bien représentées, même dans les faciès les plus argileux. La biotite et la muscovite dominant nettement sur la chlorite. En particulier la biotite détritique est beaucoup plus fréquente que dans tous les autres niveaux du Paléozoïque.

On rencontre de plus quelques minéraux lourds, peu abondants, comprenant notamment zircon, tourmaline et apatite. La glauconie en grain, vraisemblablement authigène, est très fréquente, abondante même dans certains lits. Elle est accompagnée par quelques petits grains de phosphate.

La granulométrie est très constante, elle garde même des caractères identiques dans la chaîne de Dhlou où la formation est plus puissante. Les grains moyens varient entre 10 et 40 μ . Ils sont

donc à cheval sur la limite supérieure des pélites. Il s'agit par conséquent de siltstones moyens, et dans certains cas seulement de véritables pélites. Parfois, à cette granulométrie fine, se surimpose une granulométrie grossière, comportant quelques gros grains très épars aux environs de 500 μ . Cette phase grossière, qu'on retrouvera dans le niveau ferrugineux (7) est fortement roulée. Les grains ont des indices de sphéricité et d'arrondi très élevés (sph. minima : 0,7; arrondi : 0,8). Il semble qu'il s'agisse d'une phase éolienne mélangée à la phase fine marine.

Par contre cette dernière est toujours présente, abondante, et régulière. Elle est constituée de grains très anguleux (0,1 à 0,3). La constance de ce caractère apparaît fort bien sur le tableau stratigraphique. La sphéricité minima est très faible (souvent 0,3).

La phase argileuse est à dominante illitique (90 %), le complément étant de la chlorite. La phase chimique est très réduite. Les carbonates n'occupent qu'une place insignifiante (1 à 2 % de la roche), sauf pour quelques petits lits et quelques concrétions carbonatées à cone-in-cone, où le ciment devient pour un temps très court une calcite très pure. Les mêmes clastiques que dans les schistes se retrouvent dans le ciment carbonaté, mais ils ne sont plus jointifs. Ces intermèdes calcaires sont très réduits, ils ne présentent que quelques décimètres dans les 120 m de la formation.

Presque toutes ces roches contiennent des traces de phosphate, décelables au microscope et à l'analyse chimique (0,2 %), sous forme de petits grains ou de débris organiques. Le fer est en quantité appréciable (env. 5 à 8 % de fer métal). Ceci s'explique souvent par la présence de glauconie.

Les clastiques organiques font leur apparition pour la première fois dans la série paléozoïque. Ils restent toutefois encore assez rares. Ce sont des débris de Lingulidés et d'autres Brachiopodes inarticulés. Les Scolithes ne se rencontrent jamais dans ces faciès fins.

Cette formation est donc caractérisée par des roches détritiques micacées fines, appartenant aux types siltstone moyen et pélite; par des argiles et par quelques petits lits calcaires. Parmi les clastiques, la biotite est un élément constant, beaucoup plus abondant que dans tout autre niveau du Paléozoïque. Souvent une phase éolienne réduite se surimpose à la phase clastique normale. Glauconie (souvent abondante) et phosphate sont deux éléments caractéristiques de la série. Les débris organiques sont des Brachiopodes inarticulés. Ces roches représentent d'anciennes vases typiques.

5° Les minerais de fer de Gara Bouya Ali

Les minerais de fer de Gara Bouya Ali font partie de la formation des pélites à glauconie. Nous avons montré, au cours de l'étude stratigraphique de la série de l'Oumat el Ham, que ce n'était qu'un faciès local se développant vers la base des pélites et interstratifié avec elles, entre Gara Foug Gara et Gara Bouya Ali (p. 95). Leur disparition en biseau vers le Sud est bien visible sur la feuille au 1/50 000 Gara Foug Gara, un peu au Nord de la montagne du même nom. On les retrouve toutefois dans la région de Maaziate.

Ces roches ferrugineuses atteignent leur puissance maxima un peu au Sud de Gara Bouya Ali, à savoir une quinzaine de mètres. A la Gara Bouya Ali même, on n'observe plus que trois niveaux minces, interstratifiés dans les pélites à glauconie. Plus au Nord, ces roches n'ont pas encore été signalées, à ma connaissance, par les géologues espagnols.

Examen macroscopique.

Ces minerais donnent des affleurements très sombres, bien visibles sur les photos aériennes. Ils se présentent en petits bancs qui se débitent sur place en plaquettes, en donnant des regs noirs. Ces plaquettes ont de 1 à 2 cm d'épaisseur.

La roche est nettement orientée, dure, souvent très poreuse (trous de 1 à 4 mm allongés suivant la stratigraphie). Le grain, assez grossier, est bien visible à l'œil nu. On observe sur la cassure des grains rouges (goethite), d'autres à éclat sub-métallique (oligiste ?); parfois, à la loupe, on discerne des grains vert sombre de glauconie, et d'autres de quartz, surtout sur les sections sciées, et enfin quelques débris schisteux pris dans la masse.

La couleur de la roche est brun rougeâtre à brun foncé; la patine est brun foncé à noire. ClH normal ne donne généralement aucune effervescence, sauf sur quelques échantillons, où l'action reste très légère.

Sur la surface de la roche, on remarque souvent des moules internes de petits Brachiopodes inarticulés, et quelques débris de tests de ces mêmes organismes, en phosphate nacré.

Examen microscopique.

- structure bien orientée, schisteuse et poreuse;
- texture détritique à grains non jointifs;
- grains de quartz très roulés, aux contours détritiques presque intacts, disséminés ou même rares (en général moins de 10 % de la roche), de dimensions : $500\mu - 250\mu - 30\mu$; d'arrondi 0,6 à 0,9;
- quelques micro-nodules de phosphate pélitique, constitués de quelques très fins grains de quartz, et de très fines particules de muscovite et biotite, dans un fond dominant de phosphate jaune;
- grains ovoïdes de glauconie altérée à des stades divers ($800\mu \times 500\mu$);
- grains ovoïdes ou très allongés, entièrement constitués par de la goethite et par des granules d'oxyde de fer à éclat bleu métallique (oligiste ?);
- sections allongées assez abondantes de débris de Lingulidés, en phosphate de chaux stratifié, recouverts extérieurement par une fine couche de quartz secondaire microcristallin. Sur certaines sections, on voit des lignes brunes correspondant peut-être aux anciennes couches organiques des coquilles; ces couches sont parfois remplacées par du quartz secondaire; des canaux perpendiculaires à la surface du test sont quelquefois visibles (L. CAYEUX, 1931, p. 462, Pl. 46);
- quelques sections circulaires également en phosphate, à structure concentrique et radiale, indéterminées;
- dans un ciment plus ou moins abondant de goethite dominante, en fins granules pouvant se réunir en un fond continu, avec de la glauconie oxydée, de la séricite, du quartz microcristallin.

La glauconie présente divers degrés d'altération. Cette dernière lui donne une couleur jaune à brunâtre, qui est généralement plus intense en bordure des grains. En lumière réfléchie, les grains les moins altérés sont vert pâle, alors qu'en lumière naturelle ils sont jaunes. Les grains les plus oxydés sont mouchetés de fins granules de goethite et passent insensiblement aux grains (de même forme) entièrement constitués d'oxydes ou d'hydroxydes de fer. On n'y observe jamais la belle glauconie verte des pélites micacées; c'est surtout par comparaison avec la glauconie du conglomérat sous-jacent (éch. 538, Pl. IX, fig. 2) qu'on peut s'assurer qu'il s'agit bien à l'origine de glauconie. Signalons que L. CAYEUX (1906b) a décrit une genèse analogue de minerai de fer, par décomposition de glauconie, dans le Crétacé inférieur de Grandpré (Ardennes).

Certains grains présentent des fissures et des lobes, comme les grains de glauconie que nous avons décrits dans les pélites. Mais généralement les formes sont beaucoup plus lisses, indiquant probablement des remaniements du matériel glauconieux avant sa sédimentation définitive. Enfin il semble qu'une partie du minerai remplace également les débris organiques.

C'est avec le niveau 7 qu'apparaît pour la première fois dans la série stratigraphique du Zémour un véritable microfaciès, caractérisé ici par l'association de grains de glauconie, de quelques grains de quartz très usés, d'abondants débris de Lingulidés en phosphate, ainsi que d'autres débris phosphatés (os ?).

Analyse d'argiles aux rayons X.

Aucune analyse aux rayons X n'a été effectuée sur ces roches. Toutefois les niveaux schisteux associés (pélites et siltstones micacés) (éch. 21549) ont révélé, ici encore, la prédominance de l'illite (90 %) sur la chlorite (10 %).

Analyse chimique.

Les analyses chimiques réalisées sur deux échantillons à peu près moyens, l'un à Gara Bouya Ali, l'autre à 1 km au Sud de cette butte, dans la zone la plus puissante, ont donné des résultats très voisins (tableau d'analyses chimiques 4, analyses 26-27). Les deux analyses ont une teneur en fer métal voisine de 33,5 %. D'après F. J. PETTJOHN (1957, p. 449) et H. L. JAMES (1954), on considère comme minerais, dans le district du Lac Supérieur, des roches ayant une teneur en fer métal d'au moins 15 % (1). Ces roches entrent donc bien dans la catégorie des minerais de fer sédimentaires.

Suivant la classification de H. L. JAMES (1954), il s'agit de minerai de fer silicaté du type granuleux. F. J. PETTJOHN fait remarquer que ce type de minerai présente des compositions chimiques

(1) Du point de vue minier, il n'en est évidemment pas de même en Afrique occidentale, région d'accès plus difficile et sans industrie sidérurgique.

très variables, mais qu'il peut se scinder en deux groupes principaux : le premier a des teneurs relativement fortes en alumine et faibles en magnésie; le deuxième, relativement faibles en alumine, et fortes en magnésie. Dans chacun de ces groupes, le rapport $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ peut varier considérablement. En particulier, le fer des glauconitites est fortement ferrique. Ici ce rapport est de 0,045 et de 0,042 pour les deux analyses. La proportion de FeO est donc très faible. Il s'agit d'un type plutôt riche en alumine et pauvre en magnésie, si on le compare à des analyses de minerais divers.

Le CO_2 est présent; on a calculé séparément les carbonates de chaux et de fer ferreux, sans avoir pu les distinguer au microscope. Il peut s'agir également d'ankérite. Le fer se trouve sous forme d'hydroxydes (goethite) et d'oxyde (oligiste). Les teneurs en phosphate sont notables (0,65 et 1,64 %).

L'observation au microscope d'abondants grains de glauconie altérée, avec de nombreux stades de passage tendant vers des grains entièrement remplacés par la goethite et l'oligiste (?), prouve donc bien l'origine de ce minerai : *il provient de niveaux glauconieux, analogues à ceux décrits dans la formation des pélites, où la glauconie s'est altérée et a été remplacée ultérieurement par des oxydes et hydroxydes de fer.* Les traces de phosphate sont dues :

- a) à des débris organiques en phosphate
- b) à des micro-nodules de phosphate pélitique.

En comparant les deux analyses de minerai 26 et 27 aux analyses de pélites à glauconie 28 et 29 et de glauconie pure 30, qui ont été placées côte à côte dans le tableau d'analyses chimiques 4, on s'aperçoit des rapports qui existent entre toutes ces roches. Les minerais se sont enrichis en fer ferrique, le fer ferreux restant à peu près constant. Au contraire, on observe un appauvrissement en silice, en alumine et surtout en potasse. La teneur en potasse des minerais n'a pas été déterminée, mais elle est certainement très faible, puisque ces analyses, qui comportent une fusion alcaline, ont un total voisin de 100.

La teneur un peu plus forte en phosphate paraît due simplement à l'abondance plus grande des débris organiques phosphatés dans le minerai que dans les pélites à glauconie. La teneur plus faible en silice est due en partie à la rareté du quartz détritique, mais la glauconie pure, qui ne contient pas de quartz détritique (analyse 30) comporte encore 10 % de plus de silice que le minerai. Il y a donc un départ de silice.

Aucun critère valable n'a permis jusqu'à maintenant de préciser si ce remplacement est récent ou s'il date de la diagénèse. Toutes les roches étudiées ont été prélevées en surface; il faudrait se rendre compte, par exemple par des sondages, si, sous une couverture importante, ce faciès se retrouve encore, ou si les glauconitites ont conservé là leur nature originelle.

6° Les grès schisteux de l'Oued Ezrayeb

Les grès schisteux de l'Oued Ezrayeb (niveau 12 du tableau stratigraphique II) ne sont connus pour l'instant qu'en un seul point (voir p. 122) et sur une puissance de seulement 6 m. C'est le sommet de la série de l'Oumat el Ham, tout au moins la partie la plus élevée qui soit visible sous les grès supérieurs.

L'affleurement étant unique, la description ne peut pas avoir, comme pour les autres niveaux, un caractère statistique. On décrira un échantillon moyen de l'affleurement (éch. 2188), qui est un :
— grès schisteux micacé argileux (ou grès pélitique schisteux).

Examen macroscopique

La roche est grossièrement stratifiée; elle se débite en plaquettes irrégulières et friables (ce dernier caractère étant peut-être particulier à l'affleurement, un peu altéré et proche d'une sebkha). La structure est nettement schisteuse. La roche est gréseuse à grain assez fin; sa couleur moyenne est gris verdâtre. On distingue quelques paillettes de mica blanc. CIH normal ne donne aucune effervescence.

Examen microscopique (Pl. X, fig. 3).

- structure schisteuse sur l'échantillon, mais n'apparaissant pas au microscope où elle est massive;
- texture détritique à grains non jointifs assez dispersés;

- grains de quartz très roulés ($540\ \mu$ - $300\ \mu$ - $90\ \mu$) à fort arrondi (0,5 à 0,9);
de quartz très anguleux plus petits ($150\ \mu$ - $90\ \mu$ - $20\ \mu$) (arrondi 0,1);
pas de feldspath (signalé cependant aux rayons X);
- paillettes détritiques de muscovite abondantes (longueur $120\ \mu$) et de biotite rare;
- grains d'oxyde de fer, de pyrite, de glauconie détritique, de zircon et de tourmaline;
- nodules argileux contenant de très fines poussières de quartz, noyées dans l'argile;
- ciment cryptocristallin de quartz, calcédoine, argile et séricite.

Cette roche se caractérise par son très mauvais classement des grains de quartz, ce qui lui donne l'aspect d'une matrice de tillite ou celui d'une sub-grauwacke. Mais si les grains sont mal classés du point de vue de leurs dimensions et de leur degré d'usure, ils le sont bien du point de vue de leur nature, puisque les feldspaths et les plagioclases sont pratiquement absents. La biotite, également, est beaucoup plus rare que dans les pélites à glauconie.

Analyse des argiles aux rayons X.

La roche se délite facilement dans l'eau en donnant une importante part d'argile. Cette phase argileuse est constituée uniquement d'illite (100 %), comme l'a montré l'étude aux rayons X.

Caractères généraux.

Autant qu'on puisse juger par l'étude d'un seul affleurement, il semble bien que le niveau 12 tranche sur les autres niveaux schisteux de la série de l'Oumat el Ham par une profonde originalité. Il se caractérise par :

- un très mauvais classement des grains (dimension et usure)
- des grains très usés (0,5 à 0,9), d'autres très anguleux (0,1)
- l'absence de feldspaths et plagioclases
- l'abondance de la muscovite détritique
- la fréquence des minéraux lourds
- une grande abondance de la phase argileuse (illite)
- une sédimentation mal litée « anarchique ».

Il s'agit donc d'un grès hétérogène, mal trié, très micacé. Le sédiment est moins « lavé » par la mer que les grès qu'il surmonte, mais le grain en est plus fin. Des grains de quartz vraisemblablement éoliens sont mélangés à des éléments détritiques disparates. Ces grès schisteux indiquent une sédimentation plus fine mais moins bien classée que celle des grès à Scolithes qu'ils surmontent.

7° Caractères pétrographiques généraux de la série de l'Oumat el Ham

L'étude détaillée des différents niveaux de la série de l'Oumat el Ham nous permet maintenant de regrouper les caractères pétrographiques d'ensemble de la série. Tous les niveaux, sans exception, sont d'origine détritique. C'est là le trait le plus marquant de toute la formation.

a) Caractère de la phase détritique

C'est la phase dominante dans toute la série.

— *Nature des clastiques* : la colonne du tableau stratigraphique II consacrée à la nature des clastiques montre, de façon éloquente, l'abondante variété des clastiques dans toute la série.

Le quartz domine toujours; vers le bas (niveaux 3 à 5), le microcline est fréquent puis il devient rare plus haut. Les plagioclases ne sont jamais très abondants, mais ils sont tout de même assez fréquents à la base.

Les micas existent dans toute la formation, mais ils prennent une grande importance dans les niveaux schisteux (6 à 9). Il s'agit surtout de muscovite et de biotite. Cette dernière atteint dans le niveau des pélites à glauconie (8) un développement qu'on ne retrouvera plus dans toute la colonne stratigraphique, où la muscovite tient toujours une part plus grande.

Les minéraux lourds, étudiés seulement au microscope, ont révélé la présence dans toute la série, de tourmaline et de zircon. Le rutile et l'apatite sont moins fréquents. Mais les minéraux lourds ne semblent pas particulièrement abondants dans la formation. Enfin phosphate et glauconie

forment une association fréquente, surtout dans les pélites à glauconie et certains conglomérats de base.

— *Granulométrie* : le tableau stratigraphique II (colonne granulométrie) montre bien une récurrence des faciès grossiers à partir du niveau 10. Ceci peut se schématiser par une courbe lithologique, bien homogène puisque uniquement construite avec des faciès détritiques.

La série, ou plutôt sa partie inférieure connue, comporte donc, suivant la terminologie de A. LOMBARD (1953, 1956) *deux séquences positives très comparables*. La deuxième est interrompue plus tôt, mais comme le haut de la série est inconnu, on peut imaginer que la formation se poursuivait par des schistes à granulométrie plus fine (fig. 36).

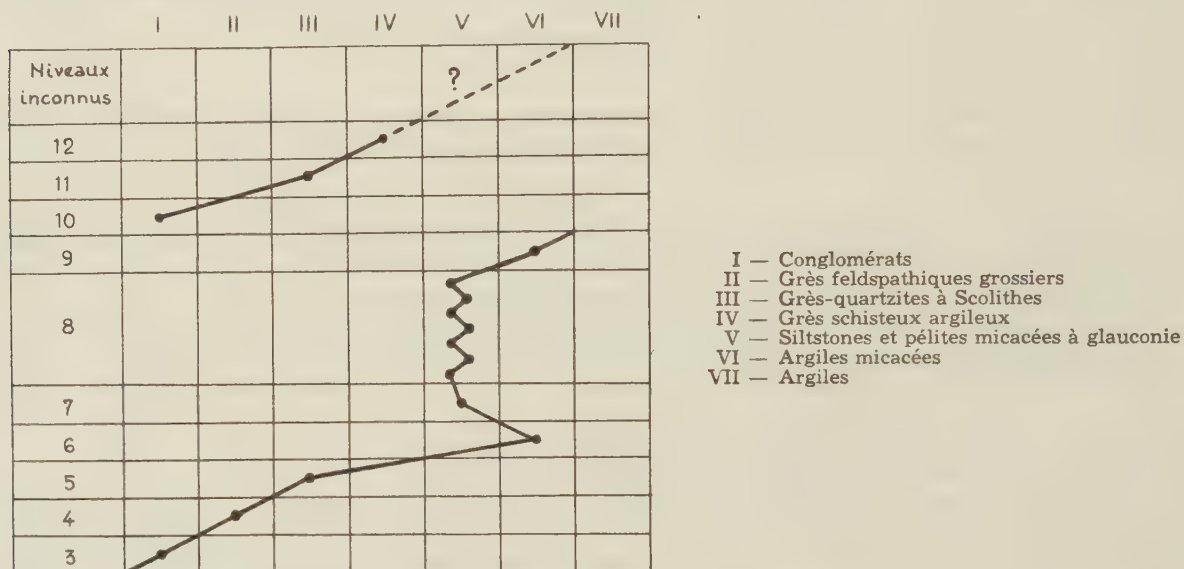


FIGURE 36. — Courbe lithologique de la série de l'Oumat el Ham

— *Morphoscopie* : les sédiments étudiés comportent souvent une phase grossière qui se superpose à la phase fine. Ces deux phases semblent être indépendantes, car il y a une nette discontinuité entre elles. La phase grossière est souvent à forte sphéricité (0,5 à 0,9) et à arrondi très élevé (0,7 à 0,9), sauf le niveau des grès feldspathiques grossiers dont l'arrondi est beaucoup plus faible. La phase fine est plus variable. Dans toute la partie schisteuse de la série, les grains sont très anguleux (0,1 à 0,3). Ceci semble indiquer qu'un apport éolien intermittent vient compléter l'apport marin régulier de sables et de vases.

b) Caractères de la phase argileuse

La phase argileuse a une composition minéralogique très constante; il s'agit essentiellement d'illite, environ 90 %, le complément étant un peu de chlorite. Une seule exception : l'argile à *Acrothele* d'Aghachan el Akhdhar, avec 70 % d'illite seulement, et 30 % de kaolinite.

Presque inexistante dans les faciès gréseux à Scolithes bien lavés par la mer, cette phase est un peu plus marquée dans les grès feldspathiques où l'on aurait pu s'attendre à rencontrer de la kaolinite, ce qui n'est pas le cas. Dans les pélites à glauconie, la phase argileuse reste encore assez réduite. Elle ne prend vraiment de l'importance que dans les niveaux argileux (6 et 9), et également dans les grès schisteux de l'Oued Ezrayeb (12).

Par sa nature et son association à des sédiments gréso-silteux, la phase argileuse semble bien d'origine détritique également, c'est-à-dire qu'elle apparaît comme un « héritage » du continent précambrien.

c) Caractères de la phase chimique

Dans la majeure partie de la série, cette phase est très réduite et en particulier les carbonates : quelques traces de calcite dans les grès feldspathiques et les grès à Scolithes. On a toutefois rencontré, dans les pélites à glauconie, quelques petits lits calcaires très minces où les carbonates constituent plus de 75 % de la roche.

Les sulfates font totalement défaut. Le seul échantillon où l'analyse en signale quelques traces (niveau 8 bis) provient d'un affleurement situé à proximité d'une sebkha, et le gypse y est par conséquent vraisemblablement secondaire.

En revanche on trouve des traces de phosphate dans presque toute la série. Le conglomérat de base et le conglomérat situé à la base des grès à Scolithes supérieurs contiennent des nodules phosphatés dont la teneur en phosphate tricalcique peut atteindre 70 %.

Enfin la teneur en fer est notable dans les pélites. Ceci est dû en général à la présence de glauconie. Cette teneur devient particulièrement importante dans la région de Gara Bouya Ali où le niveau 7 est constitué par de véritables minerais de fer à 33,5 % de fer métal. Nous avons montré que ce fer provient de l'altération de niveaux particulièrement riches en glauconie, avec accumulation de goethite.

d) Caractères de la phase organique

Avec la série de l'Oumat el Ham, apparaissent les premiers véritables microfaciès, au sens de J. CUVILLIER (1952) :

- pélite micacée à glauconie à débris de Lingulidés (8);
- minéral de fer provenant d'une glauconitite à débris de Lingulidés (7).

Les restes organiques sont toujours en phosphate de chaux, brun ou jaune brun au microscope. Il s'agit le plus souvent de débris de Brachiopodes inarticulés. Dans les grès à Scolithes supérieurs, on observe en lame mince des sections circulaires très petites (200 μ), également en phosphate, mais qui n'ont pas été déterminées. Toutefois, la phase organique ne prend jamais une grande part dans la constitution de la roche : les débris restent très disséminés, sauf dans quelques concrétions calcaires où les tests de Brachiopodes inarticulés peuvent être exceptionnellement très abondants. Quant aux Scolithes, ils sont difficilement identifiables au microscope et ne peuvent constituer à proprement parler un microfaciès.

8° Conditions de sédimentation de la série de l'Oumat el Ham

Un des traits les plus frappants de la série de l'Oumat el Ham, surtout lorsqu'on la compare à celle de Garat el Hamouïd, est la *régularité de sa sédimentation*. Les différents niveaux peuvent se suivre sur de grandes distances, comme par exemple les grès à Scolithes inférieurs. Les bancs, même dans les grès feldspathiques de base, sont d'une épaisseur constante et bien parallèles entre eux. La puissance apparemment irrégulière des pélites s'explique par des phénomènes d'érosion bien postérieurs à la sédimentation.

Nous avons vu la nature transgressive de ces dépôts. A la base, la sédimentation est alimentée par des apports détritiques grossiers, mal classés et mal triés, provenant du socle granitique (grès feldspathiques). A cette époque, la mer était certainement peu profonde et le rivage granitique très proche. La transgression a débuté dans le Sud, alors qu'au Nord et à l'Est la région était encore continentale.

Cette sédimentation de matériaux peu transportés est suivie de dépôts sableux mieux classés en dimension et surtout mieux triés (disparition presque totale des feldspaths). Les fonds sableux sont peuplés par les Scolithes. Les grès à Scolithes sont considérés dans le monde entier comme des dépôts de mers épicontinentales très peu profondes (shelf).

La sédimentation devient ensuite, pour un temps très court, très fortement argileuse, la phase argileuse comportant, en dehors de l'illite, une part de kaolinite notable. A cette période, les fonds marins devaient s'être approfondis. La sédimentation était très calme, permettant le dépôt et la conservation des tests très fragiles d'*Acrothele*.

La puissante formation des pélites à glauconie qui vient ensuite, représente une sédimentation typique de vases constituées par un matériel détritique fin (quartz, micas, illite). La présence de petits débris de Lingulidés, de petits niveaux calcaires et de phosphate, l'abondance de la glauconie authigène, sont autant de preuves indubitables de la nature franchement marine de ces pélites. La glauconie est généralement un minéral qui se forme à relativement faible profondeur, surtout entre 10 et 400 fathoms (18 et 730 m) selon P. E. CLOUD (1955). Actuellement, elle se rencontre dans les faciès néritiques, mais rarement dans les plus côtiers. Ces vases, au milieu desquelles apparaissent les premières et timides manifestations de la sédimentation calcaire, proviennent d'un continent sans doute plus éloigné qu'à l'époque où vivaient les Scolithes inférieurs. Une phase éolienne réduite se surajoute à cette sédimentation marine tranquille. Vers le haut, les derniers sédiments déposés deviennent plus fins.

Dans la région de Gara Bouya Ali, la transgression n'arrive que plus tard; la mer s'installe en plusieurs temps, comme en témoignent les remaniements du conglomérat de base. C'est dans cette zone, restée plus longtemps émergée, que s'accumule la glauconie qui donnera naissance aux minerais de fer de la Gara Bouya Ali.

Après le dépôt des pélites à glauconie, une récurrence des faciès grossiers à Scolithes, visible à l'Oued Ezrayeb, indique un retour à des conditions de sédimentation plus littorales et à des eaux plus agitées. Les grès argileux qui viennent ensuite sont caractérisés par un très mauvais classement et pourraient indiquer un milieu assez turbulent. Les conditions de sédimentation qui suivent ne nous sont pas connues, le reste de la série étant érodé.

C'est donc dans l'ensemble une sédimentation franchement marine, mais qui reste toujours assez peu profonde. Elle se produit sur une plate-forme cristalline épicontinentale stable. C'est une sédimentation de sables et de vases (association grès-schistes). Le continent granitique a fourni les éléments détritiques de cette série : microcline, perthite, quartz, micas, illite et kaolinite. La glauconie authigène pourrait provenir ici d'une altération, dans le milieu de sédimentation, des produits micacés particulièrement abondants.

Remarquons enfin que dans la zone occidentale de Dhrou, la nature de la sédimentation est assez analogue, mais la subsidence est beaucoup plus importante, et, par suite, les sédiments s'accumulent sur des épaisseurs considérables.

C. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE DE LA SÉRIE DE GARAT EL HAMOUEÏD

Il n'a pas été possible, jusqu'à maintenant, d'établir une stratigraphie détaillée dans la série de Garat el Hamoueïd. Les variations latérales des différents faciès de grès sont trop rapides pour que l'on puisse suivre des bancs repères. Aussi les subdivisions du tableau stratigraphique III sont-elles principalement d'ordre pétrographique.

La série de Garat el Hamoueïd est de nature entièrement détritique. Il n'y existe pas le moindre petit banc calcaire. Elle est essentiellement composée de grès-quartzites. Les principaux faciès sont les suivants :

- 15 Grès-quartzites blancs (faciès dominant);
- 15 ter { Grès quartzeux;
- { Siltstones micacés;
- { Pélites à séricite;
- 15 bis Grès quartzeux et sériciteux fins, à glauconie et muscovite, légèrement calcaires;
- 14 Conglomérats gréseux, à galets de pélites, galets mous d'argile verte, et à nodules de phosphate;
- 13 Roches d'altération de la paléosurface d'érosion, argiles et pélites altérées (1).

(1) Le niveau 13 (roches altérées de la série de l'Oumat el Ham) a été groupé avec la série de Garat el Hamoueïd, bien qu'il n'en fasse pas partie à proprement parler, puisque l'altération de ces roches est antérieure au dépôt des grès de la série de Garat el Hamoueïd.

Nous étudierons successivement :

- 1° Les roches d'altération (niveau 13);
- 2° Les conglomérats de base (niveau 14);
- 3° Les grès fins verts (niveau 15 bis);
- 4° Les grès-quartzites (niveau 15);
- 5° Les autres faciès de grès variés (niveau 15 ter);
- 6° Caractères pétrographiques généraux de la série;
- 7° Conditions de sédimentation.

1° Les roches altérées de la paléosurface d'érosion

Nous avons vu dans le chapitre stratigraphique que la série de Garat el Hamoueïd pouvait reposer sur n'importe quel terme de la série de l'Oumat el Ham et même sur le socle, par l'intermédiaire d'une paléosurface d'érosion. La série de l'Oumat el Ham a subi une intense érosion, et lorsque les premiers sables de la série de Garat el Hamoueïd se sont déposés, la partie dégagée des pélites à glauconie était soumise aux actions des divers agents atmosphériques. Les roches qui sont actuellement au sommet de la série de l'Oumat el Ham présentent donc souvent des faciès altérés qui s'expliquent bien par cette mise à jour de la série, antérieurement au dépôt de la série suivante. Cette altération est bien visible dans le niveau schisteux, mais elle n'est pas sensible dans les niveaux gréseux (grès à Scolithes).

Les plus beaux affleurements sont situés au sommet de la petite butte témoin du NE de l'Oumat Chaggag (voir coupe C₂, p. 83) où l'on peut suivre, sur une puissance de 25 m, une altération croissante de la série vers le haut. En certains points de l'Oumat el Ham, on observe les mêmes phénomènes, mais sur une moindre épaisseur (notamment dans la coupe de la branche nord-ouest du grand massif en croix, coupe D₁, p. 85). Il en est de même dans les Gour Lemdeïlbeh (coupe E₁, p. 89).

Examen macroscopique.

Ces roches présentent des aspects variés : en effet, d'une part elles peuvent provenir de roches-mères différentes, et d'autre part l'altération est plus marquée vers le sommet (près du contact avec la série de Garat el Hamoueïd proprement dite) que vers le bas où elle disparaît insensiblement lorsqu'on arrive aux roches fraîches de la série de l'Oumat el Ham (voir coupe C₂, p. 83).

Elles ont le plus souvent une structure schisteuse; mais vers le sommet, elles deviennent hétérogènes et des passées ferrugineuses irrégulières s'y intercalent. Certains lits argileux peuvent être blancs (éch. 2039) ou roses, mais généralement les roches ont des couleurs foncées, mauves, rouge vin, brunes, jaune brun, etc, dues à l'abondance des hydroxydes de fer.

Les faciès argileux s'effritent à la main, ils ne présentent pas l'induration qu'ont la plupart des argiles précédemment décrites. Les faciès fortement ferrugineux peuvent être au contraire très consolidés. Vers le bas de la formation, lorsque l'altération est faible, on reconnaît parfois des lits de glauconie, provenant des glauconitites de la série de l'Oumat el Ham. Généralement ClH ne donne aucune effervescence.

Ces roches sont donc analogues à celles de la série de l'Oumat el Ham, mais avec une ferruginisation intense. L'échantillon 21509 est, par exception, très calcaire et contient des débris de Lingulidés : il pourrait provenir de la ferruginisation d'un des petits lits calcaires du faciès 8 bis.

Examen microscopique.

- la texture est détritique à grains généralement non jointifs (argiles et argiles gréseuses);
- les grains de quartz se décomposent nettement en deux phases distinctes :
 - une phase fine analogue à celle des pélites à glauconie (inférieure à 100 μ , souvent 40 μ - 15 μ - 8 μ), surtout développée vers le bas (éch. 2037) lorsque l'altération est faible;
 - une phase grossière de grains très arrondis (0,7 à 0,9), à forte sphéricité. Cette phase est surtout abondante vers le haut et semble correspondre à un apport secondaire mélangé à l'argile d'altération (éch. 2039, pélite micacée argileuse et sableuse);
- on retrouve les éléments clastiques des pélites à glauconie :
 - le quartz de la phase fine;
 - des grains de glauconie, de tourmaline et zircon;
 - des paillettes de séricite abondante et de biotite très altérée;

— mais c'est surtout le ciment qui caractérise ces roches et les différencie des pélites à glauconie. Ce ciment comporte du *quartz cryptocristallin*, de la *séricite*, des *argiles* (s'éclairant en lumière polarisée comme les micas, donc vraisemblablement du type illite) auxquels s'ajoute de la *goethite* parfois en quantité importante, et des nodules d'*argile* (toujours éteinte en lumière polarisée, probablement du type kaolinite).

On a donc vraisemblablement affaire à des roches altérées ferruginisées, provenant des pélites à glauconie et des roches qui leur sont associées (lits calcaires et glauconitite) et auxquelles s'ajoute une phase détritique éolienne lorsque la roche est plus franchement remaniée.

Analyse des argiles aux rayons X.

Trois sédiments pris sur la même coupe verticale ont été analysés (coupe C₂, p. 83). Sur la fig. 37, on a également porté l'analyse d'une pélite à glauconie prélevée dans la même coupe à 29 m plus bas et déjà mentionnée dans l'étude de cette formation. La figure groupe les données de ces quatre analyses et les situe dans leur contexte stratigraphique.

ILLITE	CHLOR.	KAOL.	Niveaux	N°éch.	Coupe	Description pétrographique
			14-15			<i>GRÈS DE LA SÉRIE DE GARAT EL HAMOUEÏD</i>
						<i>Pélites argileuses un peu sableuses avec un peu de gypse (8m)</i>
			13	2040		<i>Pélites argileuses blanches (6m)</i>
70	—	30		2039		<i>Grès fin ferrugineux (0m30)</i>
90	—	10		2038		<i>Pélite micacée argileuse sableuse blanc verdâtre (3m)</i>
90	—	10		2037		<i>Pélite schisteuse à séricite ferruginisée (8m)</i>
			8			<i>Pélites micacées à glauconie</i>
80	20	—		2036		

FIGURE 37. — Variations des constituants argileux des échantillons de la coupe C₂, butte nord-est de l'Oumat Chaggag

Ces résultats montrent qu'à partir de la roche-mère qui en est entièrement dénuée, les roches altérées s'enrichissent en *kaolinite* vers le haut. Cet enrichissement atteint 10 % à 25 m sous la surface des grès de Garat el Hamoueid et 30 % à 14 m sous cette même surface. Il est regrettable que je ne possède pas d'échantillon des argiles blanches situées beaucoup plus près du contact et dont l'analyse aux rayons X aurait pu être très utile pour confirmer (ou infirmer) cet enrichissement en kaolinite de la phase argileuse vers le haut de la formation altérée.

L'analyse aux rayons X a prouvé de plus l'existence de gypse dans les échantillons 2037 et 2038. Les affleurements correspondants étant situés sur le sommet d'une butte élevée et bien décapée, ce gypse n'a guère de chance d'être d'origine actuelle, type toujours présent au Sahara dans les bas-fonds. Plus haut les niveaux d'argiles blanches non échantillonnés contiennent du gypse visible à l'œil nu.

a) Caractères généraux des roches altérées de la paléosurface d'érosion

Les roches groupées sous cette rubrique sont trop variées pour que le tableau stratigraphique III permette de dégager de nombreux caractères communs à toutes ces roches.

La puissance de cet ensemble de roches altérées est évidemment très variable suivant les points. Dans la butte témoin du NE de l'Oumat Chaggag, elle atteint 25 m, mais elle n'est le plus souvent que de quelques mètres.

La *stratification* est bien marquée à la base où elle passe insensiblement aux pélites de la série de l'Oumat el Ham. Vers le sommet elle devient plus irrégulière, lorsque la ferruginisation augmente.

La *texture* est celle de schistes, d'argiles ou de grès ferrugineux, elle est généralement détritique à grains non jointifs.

La *phase clastique* est importante. Vers la base, elle est identique à celle des pélites à glauconie (granulométrie moyenne des grains inférieure à 20 μ). Les grains ont une *nature* comparable, la biotite y étant toujours fréquente. Mais plus haut, à cette phase fine se superpose une phase grossière constituée de grains très roulés. Si bien que les roches présentent des granulométries à deux maxima, l'un pour les grains fins, correspondant aux clastiques des roches mères, l'autre pour les grains grossiers, correspondant à cet apport ultérieur, vraisemblablement éolien. Cette phase grossière est caractérisée par des grains à forte sphéricité et à très fort arrondi (0,7 à 0,9).

La *phase argileuse*, entièrement illitique et chloritique à la base (et ainsi absolument analogue à la phase argileuse des pélites à glauconie), devient légèrement kaolinique vers le sommet.

Le *ciment*, qui comporte, surtout à la base, les mêmes éléments que celui des pélites à glauconie (quartz, séricite, biotite, illite), est envahi et remplacé par des hydroxydes de fer secondaires jaunes et rouges très abondants dans certains lits et plus particulièrement vers le haut. Ces hydroxydes sont principalement de la *goethite*. Il faut ajouter, vers le haut également, la présence d'un peu de gypse.

Les seules traces d'organismes vivants rencontrées dans cette formation sont de petits débris de Lingulidés qui proviennent des roches mères de la série de l'Oumat el Ham (éch. 21509).

b) Conditions de sédimentation

Toutes ces observations corroborent les conclusions auxquelles nous avaient amené l'étude de terrain. Il s'agit bien d'une altération superficielle de la série de l'Oumat el Ham, due à sa mise en présence des agents atmosphériques. Ceci se traduit par :

- une ferruginisation en hydroxydes de fer, plus intense dans certains lits
- un enrichissement en kaolinite de la phase argileuse, de plus en plus marqué vers le sommet (avec les réserves qu'il faut faire par suite du petit nombre d'analyses disponibles)
- un remaniement de plus en plus intense des roches-mères vers le sommet, qui leur fait perdre leur structure originelle et permet l'apport de quartz détritique éolien.

On peut donc considérer ce « niveau » 13 comme le témoin d'une période d'altération de la surface d'érosion décrite en détail dans le chapitre stratigraphique et dont nous avons même tenté des essais de reconstitution. Le niveau 13 reprend les pélites à glauconie mises à nu par l'érosion continentale et les transforme en concentrant les argiles et les oxydes de fer. Le vent apporte du matériel très usé qui s'ajoute au matériel détritique originel des pélites. Vers le sommet, de timides épisodes du type sebkha sont peut-être à l'origine des traces de gypse présentes dans les argiles.

Cette formation est donc continentale; elle provient de l'altération à l'air libre des pélites à glauconie de la série de l'Oumat el Ham soumise à l'intense érosion que l'on sait. Il est possible que cette altération se soit poursuivie après l'enfouissement de la surface d'érosion sous les sables de Garat el Hamoueïd, grâce aux circulations d'eau qui pouvaient se produire dans ces sables au contact des deux séries. Mais les simples variations du niveau hydrostatique d'une nappe hypothétique dans les sables de Garat el Hamoueïd, avant leur quartzification, ne peuvent suffire à expliquer certaines des observations faites précédemment, en particulier l'augmentation vers le haut de la teneur en quartz grossier très usé (de type éolien).

2° Les conglomérats de base à débris de pélites vertes et à galets phosphatés

Nous avons signalé précédemment que lorsque le contact entre les séries de l'Oumat el Ham et de Garat el Hamoueïd était visible, cette dernière débutait généralement par un conglomérat remaniant les pélites de la série précédente.

Ce conglomérat (niveau 14) est bien caractéristique; il se distingue aisément des conglomérats

de base de la série de l'Oumat el Ham, qui sont constitués presque uniquement de galets de quartz, ou présentent un ciment très différent.

C'est presque toujours un conglomérat grossier, gréseux, friable, à débris de pélites micacées vertes, à galets de granite, quartzite et quartz assez rares, à galets mous d'argile, et à galets noirs phosphatés.

Les plus beaux affleurements relevés sont dans le massif de l'Oumat el Ham, notamment dans le grand massif en croix, mais on le retrouve également à El Thlethyate, dans l'Oumat Chaggag, les Garat el Hamoueid et les Gour Lemdeïlbeh. Il y souligne remarquablement bien la discordance entre les deux séries. J'ai retrouvé en 1959 ce même type de conglomérat dans le massif d'El Rgheoua. Dans la chaîne de Dhlou (log Z 2 du B. R. P.) un quartzite microconglomératique (éch. 21640) à microgalets de quartzites et de phosphate est peut-être à rattacher à ces conglomérats.

Examen macroscopique.

Ce conglomérat offre une puissance qui ne dépasse guère le mètre. Il peut présenter des stratifications entrecroisées (El Thlethyate), mais jamais de stratification régulière. La roche est grossière, hétérogène, elle peut comprendre des zones gréseuses, d'autres franchement conglomératiques.

Les galets comportent du quartz blanc, ne dépassant que rarement 1 cm de diamètre; quelques rares morceaux de granite (éch. 2177), de quartzite gris clair à tourmaline (2178); mais surtout des débris peu ou non roulés de psammites et de pélites micacées vertes analogues à celles que nous avons décrites dans la série de l'Oumat el Ham sous-jacente. Ces débris, généralement sous forme de petites plaquettes, dépassent rarement 3 à 4 cm dans leur plus grande dimension et 0,5 cm d'épaisseur. On observe également des galets mous d'argile verte. Tous ces débris verts sont bien typiques de ce conglomérat et permettent de l'identifier facilement. A tous ces éléments viennent s'ajouter des galets très arrondis de phosphate noir.

La matrice, ou gangue, qui enrobe tous ces éléments, est généralement un grès grossier très friable, comportant de petits graviers de quartz, et de feldspaths altérés subordonnés roses. Elle est gris clair. La roche a donc une teinte composite, constituée de taches vertes sur un fond gris clair. Dans certains cas, notamment dans la région des Gour Lemdeïlbeh (éch. 317), et du Sud de Gara Foug Gara (21510), le ciment est identique, mais une ferruginisation limonitique secondaire lui donne une teinte brun jaune.

Sous l'action de ClH normal, la roche donne généralement une effervescence assez nette qui dénote la présence d'un peu de carbonate. La réaction au molybdate est positive sur les galets noirs et prouve leur nature phosphatée. Mais cette même réaction est négative sur la gangue gréseuse.

Examen microscopique.

Pour étudier sérieusement ces roches au microscope, il faudrait un très grand nombre de plaques minces, afin d'en recouper les différents constituants. Sur l'examen de quelques plaques, il a été possible d'établir les caractères suivants :

La structure est massive, sans aucune orientation, et marquée par une grande hétérogénéité. La texture est détritique grossière, à grains jointifs mal calibrés, avec souvent une forte porosité. Elle peut tendre, dans les parties fines, vers une structure hétérogranulaire en mosaïque (éch. 2174, Pl. X, fig. 4).

Les GALETS et MICROGALETS de roches comprennent les éléments suivants :

- des *granites* (quartz automorphe, microcline kaolinisé);
- des *quartzites orientés métamorphiques* (quartz, séricite, sphène);
- des *micro-quartzites orientés*;
- des *quartzites sédimentaires à tourmaline*;
- des *cherts*;
- du *quartz* (dépassant rarement 1 cm);
- des *grès ferrugineux* (grains roulés de quartz de 100 μ dans un ciment de goethite).

Il s'agit donc bien d'un conglomérat polygénique. Mais, plus nombreux que ces éléments sont les débris peu ou non roulés :

- de *psammite* (quartz de 100 μ , muscovite et séricite);
- de *pélites micacées*;
- de *pélites à séricite argileuses* (= pélites schisteuses);
- à structure schisteuse, texture détritique à grains jointifs, grains de quartz dominant (40 μ - 20 μ - 8 μ), séricite en lits parallèles, nodules d'argile, pyrite, zircon, dans un ciment de quartz crypto-cristallin et d'argile.
- d'*argiles micacées*.

Ces éléments, par leur granulométrie et leurs caractères microscopiques sont identiques aux roches du niveau 8 de la série de l'Oumat el Ham (pélites micacées).

Enfin ces conglomérats comportent des galets disséminés aux formes arrondies (galets ou nodules ?), de couleur jaune ou jaune brun au microscope (voir Pl. X, fig. 4), correspondant aux galets phosphatés noirs visibles sur les échantillons. Ces galets phosphatés ont des compositions pétrographiques variables; on observe les types suivants :

Grès phosphatés :

- grains de quartz un peu anguleux, de diamètre ne dépassant pas 300 μ , et dont la moyenne tourne autour de 160 μ dans un échantillon et de 100 μ dans un autre;
- ciment comprenant des éclats de quartz, un peu de séricite, des taches de calcite et un fond isotrope de phosphate (éch. 2174, Pl. X, fig. 4), complètement éteint en lumière polarisée;

Grès phosphatés très fins :

- texture détritique à grains jointifs, grains de quartz anguleux ou subarrondis mal classés (150 à 15 μ , moyenne très étalée, autour de 80 μ), quelques paillettes de muscovite, un peu de calcite semblant d'origine organique, le tout dans un ciment de phosphate avec un peu de goethite;

Siltstones phosphatés :

- Certains galets présentent, au contraire des précédents, un très bon calibrage des grains de quartz, autour de 40 μ . A ce quartz se joint un peu de séricite, le tout étant toujours noyé dans un fond identique de phosphate;

Phosphates pélitiques :

- dans ce type de galet, la structure est massive; de petits grains de quartz détritiques très fins (maximum 40 μ , moyenne 4 μ) baignent dans un abondant ciment de phosphate isotrope;

Phosphates ferrugineux :

- dans ce cas, les galets sont constitués presque uniquement par du phosphate avec des traînées de goethite et de calcite.

On voit donc la variété pétrographique des galets de phosphate que l'on rencontre, toujours disséminés, je le répète, dans ces conglomérats. Le fond de phosphate est, lui, très constant. Ce sont les éléments clastiques qui varient par leur dimension et leur classement, de 1 à 300 μ ; les deux éléments principaux sont le quartz et la muscovite. Tous ces galets (ou nodules ?) ont des formes bien roulées qui contrastent avec les formes anguleuses des galets de pélites micacées.

Les GRAINS de la matrice du conglomérat sont surtout constitués de *quartz* assez grossier (moyenne des grains variant de 500 à 900 μ), généralement bien roulés (voir Pl. X, fig. 4), dont le nourrissage secondaire n'arrive pas à masquer les formes originelles (arrondi souvent de 0,7 à 0,9 et forte sphéricité allant de 0,6 à 0,9). A ce quartz s'ajoute parfois un peu de *microcline* kaolinisé, des grains de *glauconie* détritique, des grains de *zircon*, *tourmaline* et *apatite*, des paillettes de *muscovite*. Les plagioclases sont très rares et la biotite ne se rencontre qu'en inclusion dans les quartz.

Le CIMENT du grès, qui laisse la place à de nombreux méats dans certains des échantillons, est constitué de petits granules de *quartz*, avec un peu de *séricite*, d'*argile* (plus ou moins abondante), de *goethite* et de *calcite*; dans certains cas, un envahissement secondaire par des hydroxydes de fer peut se produire. Le quartz de nourrissage, de même orientation cristallographique que les grains détritiques, joue parfois un rôle important dans la liaison des grains.

Cette étude microscopique suffit à établir le caractère polygénique de ces conglomérats. Si cette description est longue, c'est par suite de l'hétérogénéité de ces roches et de la variété de leurs éléments constitutifs.

Analyse des argiles aux rayons X.

La seule analyse faite sur les conglomérats de base de la série de Garat el Hamoueïd a révélé une composition purement illitique des argiles du ciment (100 % d'illite). Ces conglomérats ne comportent pas de traces de kaolinite, si ce n'est les altérations kaoliniques des quelques microclines qu'ils contiennent. L'argile du ciment est de nature uniquement détritique.

Analyses chimiques.

Deux analyses chimiques quantitatives ont été effectuées sur des galets noirs, isolés du conglomérat. Elles indiquent des teneurs notables en phosphate (voir tableau d'analyses chimiques 5, analyses 35-36). L'analyse d'un galet provenant de l'Oumat el Ham, (branche nord-ouest du grand massif en croix, coupe D₁, p. 85, éch. 2163) donne une teneur en P₂O₅ de 15 %, c'est-à-dire de 32,8 % en phosphate tricalcique. L'échantillon 317, des Gour Lemdeïlbeh (coupe E₁, p. 89) présente une teneur de 21 % de P₂O₅, soit 46,1 % de phosphate tricalcique.

Les deux échantillons sont légèrement carbonatés (4 à 5 % de carbonates), la calcite l'emportant nettement sur la dolomite (avec les réserves qui s'imposent sur le calcul des proportions des deux carbonates dans le cas d'aussi faibles teneurs). Ils contiennent environ 50 % de clastiques. Les teneurs en oxydes de fer sont insignifiantes (1,3 et 1,8 %). Ces analyses confirment donc bien les observations microscopiques.

Caractères généraux des conglomérats de la série de Garat el Hamouëïd.

Résumons maintenant, à l'aide du tableau stratigraphique III, les principales caractéristiques de ces conglomérats :

Ils ont une puissance très faible, généralement inférieure au mètre. Ils ne présentent pas une stratification régulière. Ils ont une très grande hétérogénéité.

Les éléments sont très mal classés, avec une granulométrie généralement étalée entre 4 cm et 30 μ , la gangue comprenant une majorité de grains entre 500 et 900 μ . La consolidation de la roche est généralement faible.

Parmi les galets, coexistent des éléments roulés de roches dures et des débris anguleux schisteux (pélites, siltstones) qui n'ont subi qu'un transport insignifiant. Ces derniers éléments, les plus abondants, proviennent très certainement de la série de l'Oumat el Ham, en particulier des différents schistes micacés du niveau 8. On trouve également des galets de roches sédimentaires dont l'origine n'est pas connue (quartzite à tourmaline, grès ferrugineux, etc.). La présence de « galets mous » d'argile verte est presque constante.

Des galets très roulés de nature phosphatée, où dominent les grès et les siltstones phosphatés et où le phosphate pur est le plus rare, se rencontrent partout, en restant toutefois assez disséminés dans le conglomérat. Ces galets ou nodules peuvent présenter des teneurs en phosphate notables (30 à 45 %).

Les galets de roches dures proviennent du socle métamorphique et granitique. Ils ne sont pas très abondants, et comportent un peu de granite, des quartzites métamorphiques orientés et du quartz filonien.

Les grains de la matrice du conglomérat sont constitués presque uniquement de quartz. On y signale un peu de microcline et de muscovite. Mais plagioclases et biotite sont totalement absents. Ces grains de quartz sont très usés, et l'indice d'arrondi est fréquemment de 0,7 à 0,9. Il s'agit vraisemblablement de matériel d'origine éolienne. Les grains détritiques comprennent encore un peu de glauconie et des minéraux lourds. L'absence de feldspaths dans des formations aussi grossières est remarquable. Elle indique vraisemblablement que la majeure partie des éléments provient déjà d'anciennes roches sédimentaires.

Le ciment est constant sur toute l'étendue actuellement connue du conglomérat. Il est principalement constitué de quartz, de séricite, et d'un peu d'argile et de calcite.

En résumé, *les conglomérats de la série de Garat el Hamouëïd sont des conglomérats de base polygéniques, à galets très variés provenant principalement de roches sédimentaires (argiles, pélites, siltstones, phosphates, grès et quartzites) et dans une moindre proportion de roches éruptives (granite) ou cristallophylliennes (quartzites, microquartzites); à gangue de grains de quartz très usés, de microcline rare, de glauconie détritique et de minéraux lourds; à ciment quartzo-sériciteux un peu calcaire et argileux (illite).*

Conditions de sédimentation.

Ce conglomérat polygénique est relativement constant partout où il a pu être observé. Contrairement à celui décrit à la base de la série de l'Oumat el Ham, il n'a pas un ciment variable suivant les étapes d'une transgression. Il s'agit donc d'un conglomérat qui s'est déposé dans les mêmes conditions partout et vraisemblablement à la même période, et non plus d'un conglomérat dont la formation s'est étalée sur un long intervalle de temps.

Certains caractères sont peu compatibles avec l'hypothèse d'une formation en milieu marin : les galets « mous » d'argile, qui s'effritent facilement entre les doigts, auraient eu vite fait de se désagréger sous l'action des vagues. A. CAILLEUX (1936), en faisant l'inventaire des galets et grains mous, a constaté qu'ils sont plutôt d'origine fluviale ou continentale et proviennent du déman-

tèlement d'une couche émergée. Dans le cas présent, les pentes sur lesquelles repose ce conglomérat sont suffisamment fortes pour l'expliquer par des dépôts d'éboulis. De plus le matériel de la gangue est de type éolien. Ceci ne suffit pas à établir la nature continentale du dépôt, mais vient s'ajouter aux observations précédentes.

D'autres faits s'opposent à cette hypothèse d'une origine continentale. En particulier l'association glauconie-phosphate est, comme nous l'avons vu (p. 144) un indice de transgression marine. Cette association est souvent présente aux lignes de discordance, ce qui est ici le cas. Cependant ici les petits grains de glauconie ne sont pas authigènes, mais détritiques. Ils peuvent provenir, tout comme les galets de pélites, du démantèlement des niveaux glauconieux du niveau 8 de la série de l'Oumat el Ham, et par conséquent ne prouvent pas la nature marine du milieu de sédimentation. Quant aux galets phosphatés, ils pourraient eux aussi provenir des niveaux 4 et 10 de la série de l'Oumat el Ham. Ils sont peut-être remaniés. Il est difficile de dire s'il s'agit de nodules ou de galets.

G. MANSFIELD (1906) donne les caractéristiques des différents conglomérats (marin, estuaire, fluvial, bréchique et glaciaire). Le conglomérat que nous venons d'étudier présente des caractères communs à plusieurs de ces types et il est difficile de le rapporter à l'un d'entre eux. Les indications données par W. H. TWENHOFEL (1947) ne permettent pas plus de trancher la question.

L'aspect général de ces conglomérats, dont il faut bien tenir compte également, évoque plutôt des éboulis de pente que des dépôts de plage marine. Une étude du façonnement des galets montrerait peut-être quel est l'agent principal. Mais ce n'est pas sûr, car des galets à façonnement fluvial sont connus sur le littoral oligocène d'Alsace, interstratifiés avec des marnes à Foraminifères marines. Les sédiments littoraux ont forcément des caractères mixtes.

Donc la nature du milieu de sédimentation de ces conglomérats n'est pas clairement établie. Il semble plutôt qu'il s'agisse d'un milieu continental. Les déblais des collines de pélites soumises à l'érosion, se mêlent d'éléments fournis par le réseau hydrographique et de sables apportés par le vent. Nous verrons maintenant que ces dépôts grossiers se sont poursuivis par des sédiments de même nature mais devenant plus fins et mieux calibrés.

3° Les grès fins quartzeux et sériciteux à glauconie de la base (14 bis)

Ce faciès mérite d'être mentionné, car il est très caractéristique et se rencontre de façon irrégulière à la base de la série de Garat el Hamouïd, juste au-dessus du conglomérat. Il a été reconnu en particulier dans l'Oumat Chaggag (butte sud-est) et dans les Garat el Hamouïd (coupe H₁, p. 98). Il présente une grande constance pétrographique d'un point à l'autre, ce qui est rare dans la série. Ce sont des *grès quartzeux et sériciteux fins à glauconie et muscovite* (éch. 2078, 2172).

Examen macroscopique.

Grès fins, tendres, vert très clair, avec des taches ou des traînées d'oxyde de fer; assez massifs, cassure grenue; stratification irrégulière, peu marquée; fines paillettes de mica blanc. CIH normal donne une effervescence très faible.

Examen microscopique.

- texture détritique fine à grains jointifs;
- gros grains rares de quartz roulés (1 100 μ);
- grains ronds à subarrondis (arrondi 0,4 à 0,8) de quartz de granulométrie très fine (moyenne 75 μ) ne dépassant pas 300 μ ;
- grains assez rares de *microcline* et *plagioclases*;
- grains de *zircon*, *tourmaline* et *épidote*;
- paillettes assez abondantes de *muscovite*;
- ciment de quartz *cryptocristallin*, de *séricite*, *calcédoine*, avec un peu de *calcite*; la *goethite* est secondaire.

Caractères généraux.

Ces grès, qui ont une puissance de 0 à 10 m, sont surtout caractérisés par leur couleur d'un vert très clair, et par leur finesse. Ils ne se sont pas déposés en strates régulières; ils semblent plutôt

correspondre à des dépôts accidentels. En dehors du quartz, muscovite et glauconie détritiques sont les éléments les plus caractéristiques. Ces grès sont à la limite des siltstones (75 μ). Leur indice d'arrondi est moyen, mais vu la finesse du grain, il correspond déjà à une forte usure. Ils sont entièrement azoïques.

4° Les grès-quartzites massifs (faciès 15)

Les faciès les plus habituels de la série de Garat el Hamoueid ont été arbitrairement groupés dans le faciès 15 du tableau stratigraphique III, car une stratigraphie détaillée de ces grès n'a pas encore pu être établie. On a rassemblé dans cette catégorie les types qui constituent habituellement les grandes corniches gréseuses au-dessus des talus de schistes à glauconie et qui se débitent en blocs géants parallélépipédiques, séparés par des couloirs étroits (analogues aux « grès à corridors » de Th. MONOD, dans l'Adrar mauritanien). On distingue les types principaux suivants :

- a. grès-quartzites lithiques à débris de microquartzite, de pélites vertes et d'argiles vertes (éch. 2170, 2079), et parfois à glauconie (éch. 2164);
- b. grès-quartzites blancs saccharoïdes (éch. 2002);
- c. quartzites (éch. 2047).

Les grès-quartzites du type *a*, à débris de roches, sont surtout localisés vers le bas de la série. Les quartzites francs au contraire sont plutôt au toit de la formation.

Examen macroscopique.

Ces grès se présentent sur le terrain sous forme d'énormes affleurements tabulaires que des falaises abruptes rendent difficiles d'accès. On observe de belles stratifications entrecroisées, mais à l'échelle de l'échantillon la roche a toujours une structure massive, dénuée de toute orientation. L'état de consolidation varie suivant les types, certains grès étant un peu friables (types *a* et *b*). Mais la consolidation est presque toujours de règle, et devient extrême dans le type *c* franchement quartzitique. Les grès-quartzites *a* et *b* sont souvent poreux et peuvent constituer de bons réservoirs. A la base de la série, surtout juste au-dessus du conglomérat, le grès présente souvent des cavités ovales et aplaties, qui proviennent vraisemblablement de la dissolution de petits galets plats de pélites ou de schistes.

Le grain est rarement grossier, il est généralement inférieur à 1 mm en moyenne, quoique des passées conglomératiques ne soient pas rares. Le quartz est l'élément largement dominant, on reconnaît parfois des formes automorphes dues au nourrissage. Il peut s'y ajouter un peu de feldspath et de tourmaline noire. Dans le type *a* (grès-quartzite lithique), on observe de petits débris schisteux verts de 1 à 2 mm, atteignant exceptionnellement 1 cm de longueur, en tous points analogues à ceux du conglomérat sous-jacent, mais beaucoup plus fins.

La cassure, grenue dans les types les moins consolidés (*a* et *b*), devient semi-grenue dans certains grès-quartzites avec un aspect saccharoïde, et tranchante dans les quartzites (type *c*). La cassure fraîche est généralement très claire, blanche, grisâtre ou rose. La patine de ces roches est très caractéristique. Elle est généralement plus foncée que celle des grès à Scolithes, dans les tons jaune brun ou brun. Un œil exercé peut reconnaître localement ces deux types de grès par leur patine.

CIH normal ne donne aucune effervescence, sauf quelquefois sur les types lithiques, où l'action reste très légère.

Examen microscopique.

Tous ces grès ont à l'origine une texture détritique à grains jointifs. Mais du quartz de nourrissage, de même orientation cristallographique que celui des grains (Pl. X, fig. 5) transforme la texture qui tend, par toute une suite d'intermédiaires, vers une texture granulaire en mosaïque parfaite, entièrement recrystallisée, où les limites originelles des grains ont totalement disparu (éch. 2047).

Ces roches sont constituées en très grande majorité par du quartz en grains très roulés (Pl. X, fig. 5) mais dont les contours s'estompent avec le nourrissage. Dans le type lithique (*a*), on observe de nombreux microdébris schisteux : de pélite à sérinite, d'argile, de microquartzite à sérinite et de chert. Mais même dans les autres types, on retrouve toujours quelques rares débris de ce genre. Les feldspaths (microcline) sont assez rares, les plagioclases encore plus. Les micas détritiques sont également très rares. Il n'y a pas du tout de muscovite, mais quelques paillettes de biotite altérées. On trouve enfin de la glauconie détritique (assez abondante dans l'échantillon 2164) et des minéraux lourds (zircon et tourmaline).

Le ciment est constitué, en dehors du quartz de nourrissage, par du quartz en petits granules, de l'illite et de la séricite, et localement par des amas de goethite. Les phyllites (séricite et illite) sont identiques à celles des débris d'argiles et de pélites; elles proviennent probablement de leur désagrégation. Dans certains cas, lorsque le ciment est plus riche en séricite (éch. 2079), la roche devient un grès-quartzite sériciteux. Certains échantillons lithiques contiennent en plus un peu de calcite.

Toutes ces roches sont, somme toute, très voisines les unes des autres. Elles ne diffèrent guère, à l'origine, que par la présence dans le type (a), localisé vers la base, de débris de pélites et microquartzites de nature analogue, mais plus fins que ceux des conglomérats sous-jacents. De plus, suivant l'intensité du nourrissage, on a des faciès plus ou moins quartzitiques.

Caractères généraux des grès-quartzites de la série de Garat el Hamouëid.

L'examen du tableau stratigraphique III nous montre qu'il s'agit de roches homogènes d'une puissance importante (15 à 150 m), massives, à stratification entrecroisée.

La *phase clastique* est presque seule; elle comporte de petits débris de roches, du quartz, des feldspaths rares, pas de muscovite, de la biotite rare, quelques minéraux lourds et de la glauconie détritique. La granulométrie montre un bien meilleur classement que dans les conglomérats précédents, avec des grains moyens compris entre 200 et 500 μ . Les grains supérieurs à 2 mm et inférieurs à 60 μ sont exceptionnels. Il s'agit donc bien d'un ensemble homogène de grès, dont le grain moyen est surtout cantonné aux environs de 500 μ (grès moyen).

La morphoscopie nous montre une grande constance des indices d'arrondi vers les fortes valeurs (0,7 à 0,9), et une sphéricité élevée (0,4 à 0,9). Les grains parfaitement usés, de type éolien, comme celui du centre de la fig. 5 de la Pl. X, sont très fréquents.

La *phase argileuse* est très réduite, la *phase chimique* encore plus: elle ne comporte que quelques traces de calcite dans certains échantillons de la base, et un peu d'oxyde de fer. La *phase organique* est nulle. Aucune trace d'organisme n'a été rencontrée au cours de l'étude des plaques minces.

5° Les autres faciès grés-silteux de la série (faciès 15 bis)

En dehors des grès fins vert clair de la base (**14 bis**) et des grès-quartzites (**15**), la série de Garat el Hamouëid comporte de nombreuses variétés de roches détritiques, trop irrégulièrement réparties pour qu'il soit possible d'y différencier des niveaux. La coupe D₁ de l'Oumat el Ham (p. 85) et la coupe C₄ de l'Oumat Chaggag (p. 106) donnent bien une idée de la complexité et de la variété de ces grès. Il serait trop long de les décrire ici en détail, quoique leur étude pétrographique ait été faite. On se reportera au tableau stratigraphique III.

Les principaux types rencontrés s'échelonnent des conglomérats aux pélites, avec une nette prédominance des grès assez fins :

Conglomérats : conglomérats intraformationnels à galets de quartz.

Grès :

- grès quartzeux légèrement calcaire, à taches de limonite, jaune ocre (400 μ);
- grès quartzeux un peu ferrugineux à grain fin, rose violacé (250 μ);
- grès fin ferrugineux à petits ripplemarks (60 μ);
- grès-quartzite fin micacé un peu ferrugineux à ciment calcaire résiduel, azoïque (80 μ).

Siltstones :

- siltstone argileux micacé un peu gréseux, mal classé, brun clair, azoïque (55 μ);
- siltstone micacé argileux azoïque vert pâle (30 μ).

Caractères généraux.

Ces roches sont trop variées pour posséder en commun de nombreux caractères. Elles sont toutes essentiellement détritiques, leur granulométrie variant des conglomérats aux pélites. Les vraies argiles sont rares.

— *Gisement* : lentilles irrégulières, stratification entrecroisée, puissance variable; les bancs sont difficiles à suivre, et les corrélations de coupe à coupe sont impossibles.

— *Phase clastique* : c'est la phase dominante.

Nature : les clastiques sont variés, néanmoins les débris de roches et le microcline ont pratiquement disparu. Le quartz est l'élément dominant. Les plagioclases commencent à devenir plus courants. La muscovite est fréquente, parfois même abondante, mais la biotite devient très rare. On rencontre des minéraux lourds (tourmaline, zircon et rutile) et presque toujours quelques grains détritiques de phosphate et de glauconie.

Granulométrie : le tableau stratigraphique III montre un assez grand étalement de la granulométrie. Toutefois les éléments au-dessus de $500\ \mu$ restent exceptionnels ainsi que ceux de moins de $30\ \mu$. La moyenne des grains moyens oscille surtout entre $50\ \mu$ et $200\ \mu$. Il s'agit donc surtout de grès fins et de siltstones. En moyenne les grains sont plus fins que dans les faciès **14** et **15**. Or la majorité des faciès **15 bis** se trouvant vers le haut de la formation, on assisterait donc plutôt à un affinement du matériel dans le temps.

Morphoscopie : la colonne du tableau consacrée à la morphoscopie montre que les grains sont variés, certains présentant un indice d'arrondi élevé, d'autres un indice faible. Ceci indique des conditions de dépôts variables et une sédimentation plus ou moins anarchique. Toutefois pour la partie grossière, les grains sont souvent très arrondis (0,5 à 0,9) et de forte sphéricité (0,6 à 0,9), ce qui semble indiquer un matériel éolien prédominant.

— *Phase argileuse* :

Cette phase est généralement réduite, mais certains bancs de pélite contiennent une proportion relativement forte d'argiles. Trois analyses aux rayons X ont montré là encore une forte prédominance de l'illite (90 %) sur la kaolinite ou la chlorite (10 %).

— *Phase chimique* : elle est réduite à des traces de calcite résiduelle et à des oxydes et hydroxydes de fer paraissant souvent secondaires. Quant à la *phase organique*, elle est nulle.

6° Caractères pétrographiques généraux de la série de Garat el Hamouëïd

Reprenons maintenant les caractères pétrographiques d'ensemble de la formation.

a) Caractères de la phase détritique

C'est la phase essentielle, pratiquement unique dans bien des échantillons.

Nature des clastiques.

Le quartz est l'élément dominant, c'est le constituant majeur. A la base de la série, de nombreux débris de roches, qui deviennent de plus en plus fins vers le haut, s'y ajoutent. Les feldspaths, même dans le conglomérat de base, sont toujours subordonnés; le microcline est parfois représenté dans les grès-quartzites (faciès **15**); les plagioclases se trouvent plutôt dans les autres grès (faciès **15 bis**). Les micas sont très subordonnés; sauf la muscovite dans les grès fins de la base (faciès **14 bis**) et dans certains faciès micacés (**15 bis**). La biotite détritique est pratiquement absente. Les minéraux lourds les plus fréquents sont encore tourmaline et zircon, accompagnés d'un peu de rutile.

Dans toute la série, on trouve des grains de glauconie et de phosphate. Mais ils semblent détritiques, contrairement à ceux de la série de l'Oumat el Ham, et la glauconie n'atteint jamais un pareil développement.

Granulométrie.

La colonne granulométrie du tableau stratigraphique III montre que tous les sédiments proprement dits de la série (à l'exception du faciès d'altération **13** qui reprend un matériel appartenant à la série de l'Oumat el Ham) ont des grains moyens compris entre 30 et $900\ \mu$, avec une nette prédominance des grains de 200 à $500\ \mu$. A part le petit niveau intermittent de grès fins vert clair de la base (**14 bis**), la tendance est plutôt à une diminution de la taille du grain vers le haut. Mais la série est surtout caractérisée par son hétérogénéité, la variabilité et l'inconstance de ses assises gréseuses.

Les sédiments de la zone d'altération, qui proviennent de l'altération et du remaniement des pélites micacées (8), montrent une double granulométrie, la fine étant originelle, et la grossière due à un apport sableux au moment de l'altération.

Mise à part cette exception, la phase fine inférieure à 30 μ est insignifiante. C'est une série purement détritique, constituée essentiellement de conglomérats, grès et siltstones grossiers. Les pélites et les argiles sont rares.

Morphoscopie.

Le quartz de la phase grossière des faciès d'altération (faciès 13) comme celui de la majeure partie des grès-quartzites et autres grès de la série, présente une forte sphéricité et un indice d'arrondi élevé (souvent de 0,6 à 0,9). Ceci dénote une très forte usure du matériel, et implique une origine vraisemblablement éolienne.

Le niveau 15 bis, groupant des faciès gréseux variés, présente une morphoscopie plus hétérogène, mais là encore les grains usés sont très fréquents.

La stratigraphie détaillée de cette série n'ayant pu être établie, les subdivisions du tableau n'ont pas de valeur chronologique. On ne peut donc pas établir une courbe lithologique synthétique comme il a été fait pour la série de l'Oumat el Ham. Toutefois on peut dire très schématiquement qu'il s'agit encore d'une séquence positive débutant par des conglomérats et se poursuivant par des grès qui ont tendance à devenir plus fins et mieux triés (disparition des débris de roches). Mais les récurrences, de faciès grossiers et de passées fines, compliquent en réalité beaucoup cette vue simplifiée.

b) Caractères de la phase argileuse

Le niveau d'altération de l'ancienne surface topographique présente un enrichissement en kaolinite vers le haut. Mais dans la série proprement dite, la phase argileuse est presque inexistante, en particulier dans les grès-quartzites du faciès 15. Toutefois les faciès variés groupés dans le niveau 15 bis comportent quelques niveaux argileux. La phase argileuse est presque uniquement illitique. De telles argiles, associées à des grès, confirment le caractère détritique de la sédimentation.

c) Caractères des autres phases

La phase organique est totalement absente. La phase chimique est réduite à des traces de carbonates, de phosphates et d'oxydes de fer. Le conglomérat de base 14 contient des galets dont la teneur en phosphate de chaux est appréciable.

La série de Garat el Hamouëïd est donc une série entièrement détritique, constituée par des grès moyens ou fins, débutant par un conglomérat polygénique, et dans laquelle les phases argileuses et chimiques sont très réduites. Le matériel détritique, essentiellement quartzueux, semble d'origine éolienne. Un nourrissage postérieur des grains fait évoluer ces grès vers des quartzites.

7° Conditions de sédimentation des grès de la série de Garat el Hamouëïd

L'étude pétrographique nous montre que ces grès-quartzites proviennent d'un matériel sableux constitué de grains parfaitement usés. Les larges stratifications entrecroisées, le manque de régularité du dépôt, l'absence de traces de fossiles et la nature éolienne du matériel sont des arguments qui plaident en faveur d'une origine continentale de ces grès.

Mais la nature continentale de cette série, qui présente à la base des galets de phosphate, n'est pas certaine. A titre d'hypothèse, on pourrait imaginer que la surface d'érosion oxydée et altérée des formations cambriennes et plus anciennes, a été envahie par un immense massif dunaire. La transgression du Llandovery moyen aurait nivelé par la suite ces dunes, ce qui expliquerait la présence, vers le sommet des grès, de quelques empreintes de *Camarotoechia*.

L'étude pétrographique montre également que le matériel provient pour une plus grande part du remaniement des sédiments de la série de l'Oumat el Ham que d'une nouvelle érosion du socle précambrien.

CHAPITRE III

ÉTUDE PALÉONTOLOGIQUE

A. — GÉNÉRALITÉS

Le « Cambro-Ordovicien » du Bouclier saharien et de l'Afrique occidentale doit sa dénomination compréhensive à l'absence de fossiles. Cet ensemble de formations est en effet caractérisé par son extrême pauvreté en fossiles. Les géologues pétroliers ont découvert très récemment, en affleurements et en sondages, sur la bordure nord du Hoggar, des empreintes de Brachiopodes déterminables. Mais ce matériel est encore en cours d'étude (Ph. LEGRAND, A. POUEYTO et S. ROUAIX, 1959).

En Afrique occidentale, on n'a guère signalé jusqu'ici que des Stromatolithes, des Scolithes et des empreintes très douteuses. Dans l'Adrar mauritanien, Th. MONOD signale dans les grès de Zli un niveau à Lingules (1952, Pl. XIII, fig. 1-2). Dans le Zemmour, jusqu'en 1955, les seuls « fossiles » signalés étaient des Stromatolithes, attribués d'ailleurs *pro parte* au Dévonien par F. JACQUET (*in* N. MENCHIKOFF et M. NICKLÈS, 1942, p. 60). J'ai eu la chance, au cours de l'année 1955, de compléter cette faune, notamment par la découverte de la faunule exceptionnellement bien conservée d'Aghachan el Akhdhar.

Par ailleurs, je remercie ici J. BOROCOCCO et R. NYSSSEN qui m'ont aimablement communiqué les empreintes qu'ils ont eu le mérite de découvrir dans le niveau ferrugineux de Gara Bouya Ali.

B. — LES NIVEAUX FOSSILIFÈRES

A l'heure actuelle, les seuls niveaux fossilifères connus (y compris les pseudo-fossiles que sont les Stromatolithes et les Scolithes) sont les suivants de haut en bas :

III. — Série de Garat el Hamoueïd

Grès-quartzite à empreintes de *Camarotoechia* sp. (au sommet de la série) (niveau 15).

II. — Série de l'Oumat el Ham

Grès-quartzites à *Scolithus linearis* (niveau supérieur) (11).

Faunule à *Brachiopodes inarticulés* et à *Nyssenia zemmourensis* du niveau ferrugineux de Gara Bouya Ali (7).

Faunule de *Brachiopodes inarticulés* d'Aghachan el Akhdhar (6).

Grès-quartzites à *Scolithus linearis* (niveau inférieur) (5).

I. — Série d'El Thlethyate

Dolomies à Stromatolithes (*Collenia* et *Conophyton*) (2).

1° Les *Stromatolithes* de la série d'El Thlethyate (niveau 2)

La découverte des *Stromatolithes* du Zemmour est due à F. JACQUET en 1936; elle est mentionnée dans son carnet de route n° 23 : à El Thlethyate (p. 51), à proximité de la Guelta du Zemmour (p. 55 à 57), à Aguelmine Chekha (p. 59) et à l'Ouest d'Aïdiate, dans l'Oued Chekha (p. 60).

N. MENCHIKOFF (1946, p. 454) fait allusion à la question des *Stromatolithes* du Zemmour en écrivant : « Des *Stromatolithes* ont également été signalés par F. JACQUET dans la partie méridionale du Zemmour, mais leur position stratigraphique n'y est pas très claire ». Dans son interprétation provisoire de terrain, F. JACQUET avait distingué deux formations à *Stromatolithes*, une « cambro-ordovicienne » n'existant que dans le Sud, dans la région d'El Thlethyate, au NE d'Ichergane, et une deuxième dévonienne plus au NW dans le massif de Dhlou vraisemblablement, cette deuxième formation étant ainsi datée parce qu'elle était située au-dessus des schistes à *Graptolites* (N. MENCHIKOFF et M. NICKLÈS, 1942, p. 60). En réalité nous avons vu dans l'étude stratigraphique du « Cambro-Ordovicien » (pp. 123-127) que les dolomies à *Stromatolithes* de l'Ouest (chaîne de Dhlou) étaient la réapparition à l'Ouest du « Cambro-Ordovicien » de la bordure orientale, devenu plus puissant. Ainsi se trouve donc réglée (J. SOUGY, 1956a, p. 101) la question des *Stromatolithes* du Zemmour.

Ces *Stromatolithes* se rencontrent à El Thlethyate et à Aghachan el Akhdhar. Entre ces deux localités, la partie inférieure du Paléozoïque est laminée par le chevauchement des Oudeï Askaf, et l'on ne retrouve que quelques écailles de ces dolomies, dans lesquelles la recristallisation des roches broyées a fait disparaître toute structure. Plus au Nord, la série à *Stromatolithes* ne s'est pas déposée. Enfin dans la chaîne de Dhlou, plus à l'Ouest, on retrouve plusieurs niveaux à *Stromatolithes*, ainsi que dans le voisinage de la Guelta du Zemmour.

Les *Stromatolithes* sont généralement localisés dans les bancs non gréseux, où la dolomie ne contient que peu ou pas de clastiques. Mais leur développement n'atteint pas la même ampleur que dans le Hank. Le niveau le plus beau se trouve dans le banc terminal des dolomies, à El Thlethyate. On rencontre les deux genres habituels au Sahara, les *Collenia* et les *Conophyton*.

a. Les *Collenia*.

On n'insistera pas ici sur ces formes qui sont en tous points identiques aux formes de *Collenia* décrites par les auteurs sahariens : à Chenachane par N. MENCHIKOFF (1946, p. 456, Pl. IX, fig. 1), dans l'Adrar mauritanien, par Th. MONOD (1952a, « *Stromatolithes* de petit modèle », Pl. IX, fig. 2) et dans le Khat par G. ROCCI (1951, pp. 57-61). Il s'agit de formes de petite taille (2 à 4 cm de diamètre) qui sont ici souvent peu distinctes du ciment. A El Thlethyate, les *Collenia* sont plutôt situés vers le bas de la formation dolomitique. A Aghachan el Akhdhar il n'en n'a pas été rencontré.

b. Les *Conophyton*.

Ce type de *Stromatolithes*, à architecture plus nette, plus régulière, est surtout développé dans le banc terminal des dolomies : à El Thlethyate, à Aghachan el Akhdhar (où ils sont plus rares, plus disséminés), dans la chaîne de Dhlou (au Nord d'Aguel Oudiate Bouziane) et à la Guelta du Zemmour. Mais les *Conophyton* d'El Thlethyate et d'Aghachan méritent une description particulière. Ils présentent en effet une particularité qui les différencie nettement des espèces décrites à ce jour :

Conophyton ressoti MENCHIKOFF var. *jacqueti* var. nov.
(Pl. XXIII, fig. 1)

Holotype : échantillon 2094 A, conservé au Muséum d'Histoire Naturelle de Paris (exemplaire figuré)

Paratypes : plusieurs exemplaires conservés dans la collection de l'ex-Direction des Mines de l'A.O.F. à Dakar, sous le même numéro

Provenance : El Thlethyate, niveau 14 de la coupe A (voir p. 68)

Niveau stratigraphique : série d'El Thlethyate, niveau 2b de la série stratigraphique locale (dolomies à Stromatolithes).

Ces Stromatolithes sont des formes voisines de celles décrites par N. MENCHIKOFF à Chenachane, El Mgheiti et El Mzegheb, et par Th. MONOD à Atar. Ils se présentent sous forme de colonnes verticales de 1 m de hauteur environ, séparées les unes des autres, non anastomosées ou divisées, avec un diamètre moyen de 10 à 20 cm, et sont constitués de coupes coniques emboîtées, à convexité tournée vers le haut. Mais ils se distinguent nettement des « espèces » décrites à ce jour par C.D. WALCOTT, C.L. et M.A. FENTON, V.P. MASLOV et N. MENCHIKOFF, par la forme particulière des sections transversales. Celles-ci, qui sont circulaires dans les formes décrites telles que *Conophyton lituus* MASLOV (1937, Pl. IV, fig. 3) ou la forme saharienne voisine *C. ressoi* MENCHIKOFF (1946, Pl. X, fig. 1), sont ici fusiformes et possèdent une symétrie bilatérale. Chaque section présente deux axes sensiblement perpendiculaires. Les couches concentriques se terminent en pointes suivant le grand axe qui peut avoir de 10 à 20 cm, alors que suivant le petit axe les couches ne sont que légèrement arrondies. Ce petit axe peut varier environ de 6 à 12 cm. Le rapport entre les deux axes est approximativement de 5/3 ou 7/4.

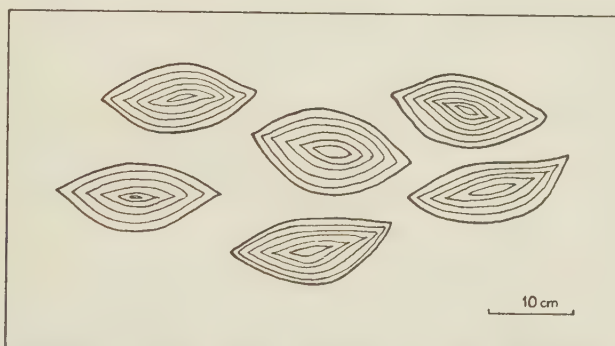


FIGURE 38. — Affleurement horizontal de dolomie à *Conophyton ressoi* var. *jacqueti* montrant la symétrie bilatérale des sections transversales et l'orientation générale des colonies.

Le grand axe est le plus souvent quelque peu sinueux. Sur les dalles horizontales, à l'affleurement, les sections sont toutes fusiformes et ont toutes leurs grands axes orientés sensiblement suivant une direction commune, comme si un courant marin en était la cause (fig. 38). Cette orientation ne peut pas être due à un aplatissement tectonique, les roches n'étant pas écrasées.

Cette symétrie bilatérale des sections est bien caractéristique. Je l'ai également observée sur des exemplaires de *Conophyton* d'Atar (au terrain d'aviation), associés aux *Conophyton ressoi* à sections transverses parfaitement circulaires. En dehors de ce caractère, ceux d'Atar sont en tous points comparables aux *Conophyton ressoi* de la même localité. On observe d'ailleurs tous les termes de passage entre le type circulaire et le type fusiforme. Il semble bien que ce ne soit donc qu'une simple variété de la forme circulaire normale. Rappelons avec N. MENCHIKOFF que « ces « variations spécifiques » des *Collenia* [et ajoutons ici des *Conophyton*] dépendent moins des différences d'organismes constructeurs que des conditions physiques du milieu (agitation, limpidité, salinité des eaux, etc...), de sorte que sur la même verticale, on voit souvent changer le type de l'édifice ». Les termes de passage observés entre le type circulaire et le type à symétrie bilatérale à Atar, incite à penser qu'il s'agit donc de deux variétés différentes de la même « espèce » de Stromatolithe. Cette forme en fuseau des sections transversales de *Conophyton* pourrait être attribuée au fait que les sections ne sont pas parfaitement perpendiculaires à l'axe longitudinal du Stromatolithe. Mais dans ce cas les sections seraient elliptiques (intersection d'un cylindre ou d'un cône par un plan).

La seule figuration correspondant à ce type de *Conophyton* que j'ai pu trouver dans la littérature, est une section figurée par C.L. et M.A. FENTON (1931, p. 685 et Pl. VIII, fig. 1) et attribuée par eux à *Collenia* (?) *frequens* WALCOTT. Or ce *Conophyton* ne ressemble pas du tout à la figuration donnée par C.D. WALCOTT (1906, Pl. II). FENTON et FENTON expliquent cette forme en fuseau par le fait que l'axe

longitudinal est oblique sur le plan de stratification et non perpendiculaire (65 à 70°). Mais ceci n'explique pas les deux pointes des sections transversales. La forme du Zemmour se rapporte donc à *C. frequens* sensu FENTON et FENTON. Mais il est justifié de la séparer de la forme décrite par C. D. WALCOTT.

En revanche, si l'on se tient ici à la définition du genre *Conophyton* donnée par V. P. MASLOV (1937b, p. 344), on est obligé de considérer les Stromatolithes du Zemmour comme appartenant à un autre genre. En effet, la diagnose des *Conophyton* que donne V. P. MASLOV comporte en particulier les termes suivants : « High laminated swells, rounded in cross section, gradually tapering upwards, projecting upwards with their tapering points »... Cette définition restrictive autoriserait donc à créer pour les Stromatolithes du Zemmour un nouveau genre. Or le passage graduel des formes circulaires aux formes à symétrie bilatérale, observé à Atar, montre bien qu'il s'agit probablement, non seulement du même genre, mais de la même espèce. Il devient donc nécessaire d'élargir la définition du genre *Conophyton* donnée par V. P. MASLOV, en précisant que les sections transversales peuvent être circulaires ou à symétrie bilatérale (fusiformes). Ceci permet de ne faire des Stromatolithes du Zemmour qu'une variété des types sahariens les plus habituels de *Conophyton*.

La création de nouveaux genres est d'ailleurs à éviter pour les Stromatolithes qui sont des fossiles très polymorphes. Il ne faut pas non plus oublier que dans le cas des Stromatolithes « les notions de genre et d'espèce », comme l'a bien précisé N. MENCHIKOFF (1946, p. 455), « prennent ici une signification un peu particulière » puisque ces termes s'appliquent non pas à des organismes vivants (en l'occurrence des Algues), mais aux édifices construits par ceux-ci et qui peuvent varier suivant le milieu. Dans le cas des *Conophyton ressoi* var. *jacqueti*, l'influence d'un courant marin est peut-être la cause de la symétrie bilatérale et de l'orientation commune des individus.

Au microscope, (Pl. VIII, fig. 2), ces *Conophyton* présentent une structure très comparable à celle décrite par V. P. MASLOV pour *C. lituus* (1938, p. 330, Pl. I, fig. 3-4). Les couches concentriques sont irrégulières et forment des lentilles et des masses plus ou moins continues de dolomie en petits rhomboèdres de 15 à 30 μ , séparées par d'autres masses encore plus discontinues jaunes, où la dolomie devient cryptocristalline et ferrugineuse. C'est l'alternance de ces couches concentriques microcristallines claires et cryptocristallines sombres qui constitue l'édifice stromatolithique. Aucune structure organique n'est visible. La microphotographie (Pl. VIII, fig. 2) représente une section verticale dans la région apicale, mais les sections transversales présentent la même structure.

Les niveaux à Stromatolithes ne peuvent pas servir à faire des corrélations précises et à dater les dolomies d'El Thlethyate. En effet les *Collenia* et les *Conophyton* sont signalés dans le Précambrien supérieur, dans l'Infracambrien et dans le Cambrien inférieur. Les *Conophyton* du Zemmour, comme nous l'avons vu, se rapprochent étroitement des formes du niveau des calcaires d'Atar (C₅ de l'échelle locale de Th. MONOD, 1952, et Atar group de I. MCPHEE, D. D. ANDERSON et G. MURET, 1958). Sur toute la bordure sud de la Dorsale reguibat, on trouve des niveaux où des Stromatolithes analogues sont largement développés : à Grizim, Chenachane, Chegga, el Mzegheb, tout le long du Hank, tout le long du Khat et dans l'Adrar. En revanche ces Stromatolithes diffèrent quelque peu des Stromatolithes de l'Anti-Atlas décrits par G. CHUBERT, R. DU DRESNAY, J. HINDERMEYER et H. HOLLARD (1950, 1952). Remarquons cependant que dans toutes ces régions, les niveaux à Stromatolithes précèdent toujours ceux à Scolithes.

2° Les grès à Scolithus (Skolithos)

(niveaux 5 et 11)

Les niveaux 5 et 11 sont caractérisés dans toute la zone étudiée par d'abondantes tubulures que j'ai attribuées à des terriers de Scolithes :

Scolithus (Skolithos) linearis HALDEMAN, 1840

Description.

La planche XXIII, fig. 2a-2b, montre un exemple de ces « Tigillites ». Il s'agit de tubulures verticales, généralement rectilignes ou subrectilignes, rarement courbées, jamais divisées. Le diamètre varie de 2 à 5 mm, mais est généralement de 3 mm. La longueur varie de 10 à 40 cm. Dans le niveau à *Scolithus*

supérieur (11), les tubes peuvent être plus longs encore et sont particulièrement rectilignes (Pl. II, fig. 2). Ces tubes se trouvent toujours dans des couches gréseuses régulièrement stratifiées, en bancs bien individualisés.

L'intérieur du tube est comblé par un sable de granulométrie différente, souvent plus grossier (voir étude pétrographique p. 147. Parfois ce sable est plus meuble et les affleurements deviennent des « grès à trous ». Il semble que l'organisme ait consolidé le sable autour du trou, par exemple par sécrétion d'une matière organique. Le comblement du trou serait postérieur et correspondrait au dépôt du banc sus-jacent.

Discussion de l'espèce.

Les géologues sahariens ont l'habitude de désigner ces tubes sous le terme de *Tigillites*, à la suite de C. KILIAN (1926). Or le terme *Tigillites vertebralis* FRIČ (1908, p. 18, Pl. 5, fig. 7-8), a été créé pour des tubulures articulées de Bohême que cet auteur sépare lui-même, dans le même ouvrage, des *Scolithus linearis* HALDEMAN, 1840. Les Tigillites, à la suite des découvertes pétrolières de Hassi Messaoud prenant actuellement une grande importance au Sahara, je pense qu'il est utile de rappeler ici une partie de l'abondante bibliographie concernant cette question.

La définition de S. S. HALDEMAN (1840) est la suivante : « *Fucoides* (?) *linearis* : stem simple (never branched), rectilinear, surface nearly even; diameter 1/8 to 1/4 inch, length several feet, cylindrical or compressed ». « ... I discovered this fossil in 1835 and described it about three years ago as *Skolithos linearis*, and because the genus *Fucoides* is composed of heterogeneous materials. The characters of the subgenus *Skolithos* are : stem free, cylindric or sub-cylindric vermiform or linear, never branched; structure unknown ».

La nature de ces traces a été fort discutée. Pour S. S. HALDEMAN, il s'agissait de traces de plantes fossiles marines (fucoides). J. FOLLOT écrit (1952, p. 21) : « il semble bien qu'il faille se ranger à l'opinion de BARROIS qui les considère comme des vestiges d'algues très primitives ». G. CHOUBERT (1952a, p. 108) les a considérés un certain temps comme des fossiles continentaux.

A. G. HÖGBOM (1915) explique les Scolithes par des bulles d'air ascendantes qui sortaient du sable sec lorsqu'il était recouvert par la marée. B. ASKLUND soutient une opinion analogue. LOGAN (1852) est le premier auteur à voir dans ces tubulures des manifestations d'Annélides. R. RICHTER (1921) compare ces tubes d'Annélides à ceux des actuels récifs de la Mer du Nord, au large des côtes du Schleswig-Holstein, criblés de tubes verticaux creusés par un Ver, *Sabellaria alveolata* L. La seule différence réside dans le fait que les tubes de *Sabellaria* sont légèrement sinueux. La plupart des auteurs actuels, américains, britanniques et scandinaves, s'accordent à voir dans les Scolithes une telle origine (worm burrows). (A. H. WESTERGAARD, 1931; B. F. HOWELL, 1943, 1944, 1945; C. J. STUBBLEFIELD, 1956; etc.).

La liste suivante, certainement incomplète, montre le nombre abusif des espèces qui ont été créées pour ce genre :

- Scolithus* (*Fucoides*) *shepardi* (HITCHCOCK, 1833) (Trias)
- S. linearis* HALDEMAN, 1840 (Cambrien inférieur)
- S. (Fucoides) verticalis* (HALL, 1843) (Portage)
- S. dufrenoyi* ROUAULT, 1850 (1851) (Ordovicien inférieur des grès armoricains)
- S. danieloi* ROUAULT, 1850 (1851) (Ordovicien inférieur des grès armoricains)
- S. desfontainei* ROUAULT, 1850 (1851) (Ordovicien inférieur des grès armoricains)
- S. canadensis* BILLINGS, 1862 (Potsdam)
- S. minutus* WING, 1877 (Calceiferous)
- S. tuberosus* MILLER et DYER, 1878 (Cincinnati)
- S. (Arenicolites) woodi* (WHITFIELD, 1880) (Potsdam, Sainte-Croix)
- S. delicatulus* JAMES, 1881 (Cincinnati)
- S. dispar* JAMES, 1881 (Cincinnati)
- S. (Tigillites) arabica* (STANISLAS MEUNIER, 1888) (Ordovicien ? d'Arabie)
- S. minnesotensis* JAMES, 1892 (St Peter)
- S. clintonensis* JAMES, 1892 (Portage)
- S. magnus* HOWELL, 1944 (Cambrien inférieur)
- S. ingens* HOWELL, 1945 (Cambrien inférieur).

Les auteurs britanniques, pour les quartzites du Cambrien inférieur d'Ecosse, utilisent sagement le terme général de « Pipe rock », bien qu'ils aient distingué 5 niveaux suivant la forme des pipes (B. N. PEACH, J. HORNE, etc., 1907).

B. F. HOWELL distingue toutefois deux nouvelles espèces présentant suffisamment de différences avec *S. linearis*, pour justifier de nouveaux noms d'espèce; les caractères sont donnés dans le tableau suivant :

diamètre 1,5 à 5 mm	{ tube droit ou doucement courbé { très voisin, tube quelquefois sinueux, diamètre moyen plus faible	<i>S. linearis</i> HALDEMAN, 1840 (Cambrien inférieur). <i>S. minnesotensis</i> JAMES, 1892 (Ordovicien)
diamètre 6 à 12 mm	{ tube droit, régulier, s'élargissant un peu vers le sommet, longueur au moins 20 cm { tube présentant des renflements	<i>S. magnus</i> HOWELL, 1944 (Cambrien inférieur) <i>S. ingens</i> HOWELL, 1945 (Cambrien inférieur)

TABLEAU n° 12

L'espèce du Zemmour se rapproche nettement de *Scolithus linearis*.

Valeur chronologique des *Scolithus*.

Comme le fait remarquer avec insistance J. ROGERS (1956, p. 355), il ne peut être tenu compte de ces fossiles pour dater et faire des corrélations entre les terrains : « ... the animal boring *Scolithus*, which is worthless for correlation »; « such imprint fossils as *Scolithus* and *Cryptozoon* are deliberately ignored ». Toutefois, à l'échelle du Zemmour, les *Scolithes* sont très précieux pour établir la stratigraphie locale. Dans le tableau n° 13, j'ai regroupé un certain nombre de localités où l'on a signalé des *Scolithes* et en particulier l'espèce *S. linearis*, en indiquant l'extension verticale.

Aux Etats-Unis et même en Europe, c'est nettement au Cambrien inférieur qu'ils atteignent leur développement maximum. On s'en aperçoit en feuilletant le Symposium sur le Cambrien du Congrès international de Mexico (1956). Si ce « fossile » n'est pas signalé dans les provinces australiennes et chinoises, il est bien connu aux U.S.A., au Mexique, au Canada, au Groënland, en Ecosse, en Suède, en Estonie, en Pologne, toujours dans le Cambrien inférieur. En France, on le connaît à la base du Grès armoricain de Bretagne (Ordovicien inférieur) (P. LEBESCONTE, 1886) et en Bohême dans l'étage Dd2 (Ordovicien moyen) (B. BOUČEK, 1938, pp. 244-253).

Au Maroc, il en existe deux niveaux dans les grès et schistes de l'Acadien, liés à un niveau détritique radio-actif. Sur la plateforme africaine, les « Tigillites » sont signalées en Arabie séoudite, au Sahara, en Mauritanie, au Soudan français. Mais dans ces régions, les étages du « Cambro-Ordovicien », sauf dans la Saoura (A. POUYTO, 1952), ne sont guère définis que par leur limite supérieure gotlandienne, et leur attribution à l'Ordovicien ou au Cambrien sont souvent hypothétiques. Il est à remarquer que jamais on n'en a signalé dans le Précambrien.

En revanche la limite supérieure est vague. J. DELPY (1959, p. 125) en a signalé dans le Dévonien du Tagant (Mauritanie) et une espèce (*S. shepardi*) est même connue dans le Trias.

On ne peut donc espérer dater des terrains par ces traces. C'est pourquoi J. F. JAMES (1892), prenant le problème dans l'autre sens, propose de donner des noms différents aux *Scolithus* suivant les étages, *S. linearis* étant par exemple réservé au Cambrien inférieur.

Ecologie.

Si les *Scolithes* ne peuvent donner une indication valable pour l'âge de la série de l'Oumat el Ham, ils semblent toutefois d'excellents fossiles de faciès. Les auteurs du monde entier (voir le symposium du Cambrien, Mexico, 1956) s'accordent pour faire des formations à *Scolithus* des dépôts de mers peu profondes sur les plateformes épicontinentales (shelves), en bordure des fosses géosynclinales. C'est bien toujours dans cette position qu'on les rencontre, comme c'est le cas des Pipe-rocks d'Ecosse et des *Scolithes* de Suède, en bordure de la fosse calédonienne; des *Scolithes* de Bretagne et de Normandie en bordure de la fosse armoricaine; des « Tigillites » de la plateforme saharienne, en bordure des grandes fosses nord-africaines. M. GIGNOUX (1943, p. 51) puis H. et G. TERMIER (1956, p. 422 et 1957, p. 289) insistent sur l'ubiquité du faciès grès à

		INFRA		CAMBRIEN			ORDOVICIEN		
		CAMB		I	M	S	I	M	S
<u>Scolithus linearis</u> HALDEMAN, 1840	B.F. HOWELL, 1945, p. 33 A.H. WESTERGAARD, 1931, p. 14-16 B.F. HOWELL, 1945, p. 36 Ch. FOULSEN, 1956, p. 65 A.A. ÖPK, 1956, p. 108 WAGNER, PETER, REID, 1929, p. 49 F. LEBESCONTE, 1886, p. 793 Ch. BARROIS, 1886, p. 680 C. KILLIAN, 1926, p. 146 A. FRIC, 1908	U.S.A. Pennsylvanie, Maryland <u>SUEDE</u> (Karlmarund sandstone) (Karlmarund sandstone) GROENLAND East Greenland (Ella Island formation) ESTONIE (Tiskri sandstone, zone à <u>Scolithus</u>) GRANDE-BRETAGNE Pipe rock d'Ecosse FRANCE (Grès armoricain, Bretagne) idem SAHARA CENTRAL (Tassilis internes) <u>BOHEME</u> (quartzites D42 de Barrande)							
<u>Scolithus woodi</u> WHITFIELD, 1880	R.P. WHITFIELD, 1880, p. 45-47	U.S.A. Wisconsin							
<u>Scolithus minnesotensis</u> JAMES, 1892	J.F. JAMES, 1892, p. 32-44 B.F. HOWELL, 1955, p. 1-7 B.F. HOWELL, 1955, p. 1-7	U.S.A. St Peter sandstone, Minnesota Texas, Michigan ?, S. Dakota ?, Massass. ? <u>CANADA</u> région NW ?							
<u>Scolithus magnus</u> HOWELL, 1944	B.F. HOWELL, 1944, p. 41-46 B.F. HOWELL, 1944, p. 41-46	U.S.A. Pennsylvanie <u>GRANDE-BRETAGNE</u> Pipe rocks d'Ecosse							
<u>Scolithus ingens</u> HOWELL, 1945	B.F. HOWELL, 1945, p. 33-36	U.S.A. Maryland							
<u>Scolithus</u> (non spécifiquement précisé)	Lex. strat. vol. I, fasc. 451, 1956 C.J. STUBBLEFIELD, 1956, p. 27 J. SAMSONOWICZ, 1956, p. 133 D.W. FISHER, 1956, p. 339 J. RODGERS, 1956b, p. 393-397 Ch. LOCHMAN-BALK, 1956, p. 533-590 V.J. OKULITCH, 1956, p. 709 et 727 STANISLAS-MEUNIER, 1888, p. 204 R. KARPOFF, 1957, p. 681 A. POUEYTO, 1952, p. 28-35 J. FOLLAT, 1952, p. 19-21 Th. MONOD, 1952a, p. 38 L. LESSARD et J.-P. BERTRAND, 1958, p. 72 B. BLANCY (Rapport C.E.A.) 1955	FRANCE Normandie (Cœvrons, Brèche du Diable) <u>GRANDE-BRETAGNE</u> Pipe rocks d'Ecosse POLOGNE (St Gross Mountains) <u>U.S.A.</u> New York Virginie, Tennessee, N. Caroline New Mexico, S. Arizona, Utah, Dakota <u>CANADA</u> Montagnes rocheuses, Terr. du Nord <u>ARABIE SAUDITE</u> Grès à Tigillites (prolongation des grès à Bilobites du Sinaï) <u>SAHARA</u> Chaînes d'Ougarta Grès inférieurs du Moudir Adrar mauritanien, Grès de Zli Oued Imirhou (Tassilis internes) <u>MAROC</u> Grès saadiens (région d'Igll)							

TABLEAU n° 13

Répartition stratigraphique de quelques Scolithes

Scolithes au Cambrien inférieur. Ce biotope, très comparable au biotope à *Sabellaria* actuel des récifs à peine immergés de la Mer du Nord, constitue pour ces derniers auteurs un « faciès d'installation » qui précède, lors des transgressions, les faciès à Trilobites.

En conclusion, les Scolithes indiquent dans le Zemmour un faciès de sédimentation épiconinentale, faciès d'installation d'une mer transgressive sur une plateforme stable. Leur épanouissement maximum dans le monde s'est produit au Cambrien inférieur, mais leur extension du Cambrien au Trias ne permet pas de les utiliser pour dater les terrains. Dans le Zemmour, les deux niveaux à *Scolithus* encadrent la faune d'Aghachan el Akhdhar, considérée comme étant d'âge Cambrien inférieur.

3° Faunule des argiles à *Acrothele* d'Aghachan el Akhdhar (niveau 6)

Cette faunule a été découverte en mars 1955, dans les argiles situées à la base des pélites à glauconie, dans la butte d'Aghachan el Akhdhar. Le gisement se trouve dans un petit rû qui descend, vers le NW, du piton sud de la colline, et qui a mis à jour les argiles. Celles-ci constituent le niveau 6 de l'échelle stratigraphique locale (tableau stratigraphique II); elles reposent directement sur les grès à Scolithes inférieurs. Les coordonnées du gisement sont les suivantes : latitude : 25° 21' 15" Nord; longitude 11° 57' 12" Ouest. Jusqu'à maintenant cette association n'a pas été retrouvée dans les massifs voisins d'El Thlethyate et de l'Oumat Chaggag, où affleure le même niveau.

Les fossiles sont peu abondants et de très petite dimension (1 à 5 mm de diamètre). Ils sont à l'état de très fines pellicules blanches en phosphate, conservées dans les joints de stratification des argiles micacées les plus fines de l'affleurement. Par suite de cette finesse du sédiment, ornementation et stries d'accroissement des tests sont parfaitement conservées.

La première récolte, en 1955, ne comportait qu'une quinzaine de débris difficilement déterminables. Cette première faunule avait été examinée par le Professeur P. PRUVOST qui y avait reconnu une certaine affinité avec la faune du Cambrien de Salt Range, au Pakistan (O. H. SCHINDEWOLF et A. SEILACHER, 1955). Les déterminations provisoires, dans l'attente d'un matériel meilleur, étaient les suivantes :

BRACHIOPODES : *Botsfordia granulata* REDL., *Lingulella* cf. *fuchsi* REDL., *Neobolus* sp., *Schizopholis* sp.

C'est cette liste qui a été publiée dans la Notice explicative de la feuille n° 7, Mauritanie, de la Carte géologique au 2 000 000° de l'A. O. F. (1957, p. 27).

Depuis, malgré l'insécurité régnant dans cette région, mon chauffeur regueïbi EL KHALIL OULD ALI a réussi à retourner sur place à deux reprises, et c'est à lui que l'on doit la plupart des très beaux spécimens des planches XXV et XXVI. L'ensemble des récoltes a alors été confié au Docteur P. POULSEN, du Geologiske Institut de Copenhague, pour détermination. La faunule comporte d'après cet auteur les espèces suivantes :

BRACHIOPODES : *Lingulella* cf. *fuchsi* REDLICH, *Neobolus* cf. *warthi* WAAGEN, *Acrothele sougyi* POULSEN, *Acrothele spinulosa* POULSEN; TRILOBITES : *Redlichia* ? sp.

L'espèce d'abord rapportée par P. PRUVOST à *Botsfordia granulata*, d'après des fragments incomplets, est en réalité une espèce nouvelle d'*Acrothèle*, *Acrothele spinulosa*, décrite par P. POULSEN (1960).

Cette faunule est particulièrement riche en *Acrothele* et *Lingulella*. En dehors des Brachiopodes inarticulés, elle n'a livré qu'un seul débris de Trilobite, malheureusement indéterminable, semblant appartenir aux Redlichiidae.

L'ensemble de cette faune est décrit par ailleurs par P. POULSEN (1960). D'après cet auteur, c'est une association très nettement cambrienne et qui doit être probablement rapportée à la partie supérieure du Cambrien inférieur.

Du point de vue écologique, elle indique un changement de la nature du milieu : la mer litto-

rale et agitée des sables à Scolithes a fait place à une mer plus calme et sans doute un peu plus profonde, où se déposaient des vases et qui permettait la vie et la conservation de Brachiopodes au test fragile, et de quelques Trilobites.

4° Faunule à Brachiopodes inarticulés et à empreinte réticulée du niveau ferrugineux de Gara Bouya Ali (niveau 7)

Les minerais de fer et les grès ferrugineux qui se trouvent au SSW de Gara Bouya Ali ont livré quelques débris, pour la plupart indéterminables, de Brachiopodes inarticulés parmi lesquels P. POULSEN a reconnu ou décrit :

BRACHIOPODES : *Lingulella* cf. *fuchsi* REDLICH, *Acrothele sougyi* POULSEN, *Botsfordia paucigranulata* POULSEN.

C'est donc une faunule très voisine de la faunule d'Aghachan el Akhdhar. Les empreintes sont généralement sous forme de moules internes, avec, conservés à la surface, quelques petits débris du test en phosphate bleuâtre. Trois de ces empreintes sont figurées (Pl. XXV, fig. 14-16).

En plus de cette faunule, R. NYSSSEN, lors d'une tournée commune, a découvert une empreinte réticulée qu'il a bien voulu me communiquer. Cette empreinte n'a pu être rapportée à aucun genre connu. A l'occasion du 76^e Colloque international du C.N.R.S. sur la limite inférieure du Cambrien (Paris, 1957), j'ai montré cette empreinte à plusieurs spécialistes des faunes du Paléozoïque inférieur. Tous m'ont confirmé n'avoir jamais rencontré de fossile semblable ou voisin. Cette espèce sera donc décrite ci-dessous et je propose de lui donner le nom suivant :

Nyssenia nov. gen. *zemmourensis* nov. sp.

Fig.-texte 39 Pl. XXIII, fig. 3a-3b-3c

L'holotype est conservé au Muséum d'Histoire Naturelle, à Paris, sous le n° Sougy 539. Il est constitué de quatre fragments qui proviennent d'un individu unique endommagé sur le terrain. Aucun paratype n'est connu pour l'instant.

L'échantillon provient du niveau 7 (niveau ferrugineux de Gara Bouya Ali), à 1 km au SSW de la Gara Bouya Ali, en un point de coordonnées approximatives : latitude 25° 58' 30'' Nord et longitude 11° 25' 00'' Ouest.

Ce fossile est conservé sur une plaquette de grès ferrugineux bien plane, cassée en quatre morceaux. De prime abord, on a l'impression d'un réseau perforé; les « trous » sont de forme subrectangulaire, arrondis aux quatre angles. Mais ces perforations ne sont qu'apparentes, elles correspondent en réalité à de simples dépressions peu profondes, au fond desquelles a subsisté un peu de grès. Une portion du fossile, grossie cinq fois (fig. 3c), montre vers le bas deux dépressions libérées entièrement de leur recouvrement de grès et qui, par suite, apparaissent plus sombres; vers le haut de la photographie au contraire, les cavités sont encore comblées par le grès plus clair.

Il ne s'agit donc pas d'un organisme perforé, mais d'une membrane continue, régulièrement ponctuée de petites dépressions de forme subrectangulaire et à fond arrondi.

La disposition des « fossettes » est très caractéristique; celles-ci sont placées sur des lignes légèrement divergentes, un peu en éventail, comme on le voit bien sur la fig. 3a. Les fossettes de deux alignements contigus sont disposées en quinconce, de telle sorte qu'elles forment deux autres alignements obliques et symétriques par rapport à l'alignement principal. Les dimensions des fossettes ont tendance à augmenter légèrement à mesure qu'on s'écarte du point de convergence. Elles sont de l'ordre de 3 × 1,5 mm, puis 3 × 2 mm, puis 4 × 2,5 mm. Compensant l'espacement de plus en plus grand des lignes de fossettes à partir du centre, de nouveaux alignements débute entre les autres, lorsque la place devient suffisante (fig. 3a).

Le fossile ne semble pas avoir d'épaisseur notable. Il est conservé sous forme d'un vernis ferrugineux très mince. Les débris collectés ne correspondent qu'à une fraction du fossile; aussi est-il difficile de se faire une idée de l'ensemble de l'organisme.

A première vue, on aurait pu penser à un Bryozoaire du type Fenestellidae (M. K. ELIAS, 1956, p. 314), mais ce fossile se distingue de tous les Fenestellidae connus :

1° parce qu'il est au moins six fois plus grand,

2° parce qu'il est en réalité formé d'une lame continue régulièrement parcourue de fossettes, mais sans ouvertures, l'apparence de réseau perforé étant due à ce que la roche se conserve à l'intérieur des fossettes plus ou moins obliques.

Il est impossible de rattacher pour l'instant ce fossile à un genre et même à un groupe ou à une classe déterminés. Le Professeur P. PRUVOST, qui a examiné ce fossile, suggère qu'il pourrait peut-être s'agir de la surface d'un végétal, munie de cicatrices correspondant à la naissance d'appendices. Mais on n'observe aucune structure en profondeur; le fossile ne semble être qu'une membrane très mince. Peut-être s'agit-il d'une Algue ?

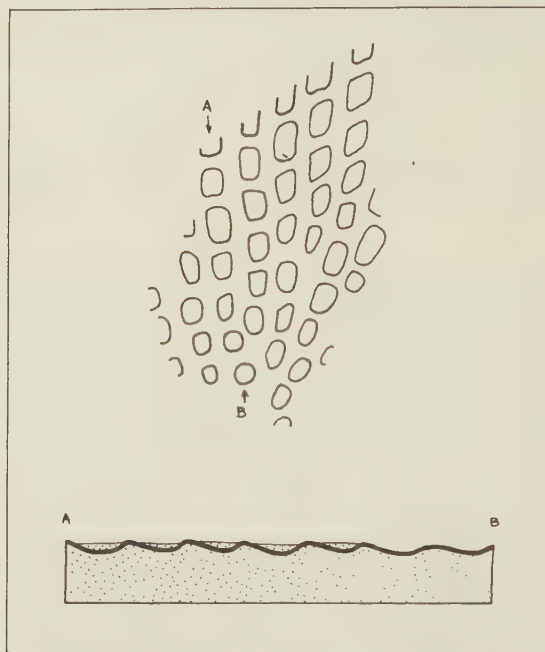


FIGURE 39. — *Nyssenia zemmourensis*, nov. gen., nov. sp.
en haut : vue à plat, $\times 4/3$
en bas : coupe longitudinale AB, $\times 2$

Toutefois, comme l'a signalé H. ERHART (1956), la présence de plantes évoluées dès le Cambrien n'est plus pour surprendre à la suite des découvertes récentes des paléontologistes russes. A. KRICHTOFOWITCH (1953) décrit notamment, dans le Cambrien moyen de Sibérie orientale, une plante munie de petits tubercules. Cette plante, *Aldanophyton antiquissimum*, a été trouvée dans des sédiments marins à Trilobites. Donc le fait de trouver *Nyssenia* avec des Lingules n'est pas un argument contraire à l'hypothèse qui en ferait une plante.

5° Les empreintes de *Camarotoechia* des grès de la série de Garat el Hamoueïd (niveau 15)

La série de Garat el Hamoueïd est particulièrement pauvre en fossiles. Seules quelques empreintes de Brachiopodes articulés ont été observées vers le sommet des grès, sur la crête d'une falaise située entre les Gour Lemdeïlbeh et les Guelb Sensal, en un point de latitude $25^{\circ} 49' 30''$ Nord et de longitude $11^{\circ} 38' 20''$ Ouest.

Il s'agit d'empreintes de *Camarotoechia* sp., indéterminables spécifiquement (Pl. XXV, fig. 17), mais qui présentent l'intérêt de montrer la présence de fossiles marins vers le haut de la série.

Ces *Camarotoechia* sont assez voisines de *C. borealis*, espèce abondante plus haut dans le Gotlandien (Pl. XXVII, fig. 7-10). Mais elles ne permettent pas de préciser l'âge de la série de Garat el Hamoueïd, qui peut appartenir à l'Ordovicien ou au Gotlandien inférieur.

J. BOROCCHO et J. R. LEFÈVRE (1955) signalent des *Camarotoechia* à la base du Paléozoïque d'Aouinet Legraa (log. T 6, Pl. 7), dans les quartzites de Djebilet attribués par P. GEVIN au Cam-

brien (1960 [1958], p. 36). La présence de *Camarotoechia* dans le Cambrien est surprenante, et les quartzites de Djebilet sont peut-être beaucoup plus récents. P. GEVIN (*ibidem*) ne retient d'ailleurs plus la détermination de *Camarotoechia* et parle seulement de Brachiopodes indéterminables.

C. — CONCLUSIONS

AGE DES TROIS SÉRIES « CAMBRO-ORDOVICIENNES » DÉFINIES

Les formations « cambro-ordoviciennes » sont donc très mal datées par les faunes. Les Stromatolithes de la série d'El Thlethyate ne peuvent nous donner un âge précis pour cette série. Ils sont « infracambriens ». Seuls, le niveau des argiles à *Acrothele* de la série de l'Oumat el Ham, et les niveaux ferrugineux de Gara Bouya Ali, sont des repères sérieux, puisqu'ils permettent d'attribuer un âge cambrien, peut-être la partie supérieure du Cambrien inférieur, aux niveaux 6 et 7. Les niveaux à Scolithes 5 et 11 qui les encadrent, peuvent être également cambriens. Enfin les *Camarotoechia* de la série de Garat el Hamoueïd indiquent pour cette série un âge ordovicien ou gotlandien inférieur. La présence dans le niveau 6 d'un débris de Redlichiidae (?) permet d'espérer la découverte d'une faune de Trilobites dans la série de l'Oumat el Ham.

CHAPITRE IV

SYNTHÈSE STRATIGRAPHIQUE

Nous sommes maintenant en mesure de récapituler l'ensemble des données sur le « Cambro-Ordovicien » présentées dans les trois chapitres précédents. Cette synthèse stratigraphique nous permettra ensuite de tenter des corrélations avec les régions voisines et même d'essayer d'intégrer la série stratigraphique du Paléozoïque inférieur du Zemmour dans l'échelle stratigraphique mondiale.

A. — LA SÉRIE STRATIGRAPHIQUE PROPOSÉE POUR LE « CAMBRO-ORDOVICIEN » DU ZEMMOUR

L'étude stratigraphique détaillée, notamment celle que nous avons menée dans la région de l'Oumat el Ham, nous a permis d'établir une grande coupure, une discordance de ravinement, séparant deux ensembles : la série de l'Oumat el Ham à la base, la série de Garat el Hamoueïd au-dessus.

A l'origine (J. Sougy, 1956), je comprenais sous le terme de série de l'Oumat el Ham, toutes les formations situées entre la discordance majeure sur le Précambrien granitique et la discordance de ravinement. Or, nous avons vu que les dolomies et grès dolomitiques d'El Thlethyate forment une entité bien à part et que les formations grés-schisteuses qui les surmontent sont pour le moins fortement transgressives. Il était donc alors justifié de scinder en deux la série de l'Oumat el Ham *sensu lato*. C'est pourquoi j'ai appelé depuis (J. Sougy, 1957) la série inférieure *série d'El Thlethyate* et la série transgressive *série de l'Oumat el Ham sensu stricto*.

Le « Cambro-Ordovicien » du Zemmour se décompose alors en trois séries, comme il est indiqué dans le tableau suivant :

Gotlandien débutant à la zone 19 de Miss ELLES	
SÉRIE DE GARAT EL HAMOUEID	
oooooooooooooooooooooooooooo	Discordance de ravinement ooooooooooooooooooooooooooooo
SÉRIE DE L'OUMAT EL HAM (<i>sensu stricto</i>)	
————— Lacune probable et transgression —————	
SÉRIE D'EL THLETHYATE	
oooooooooooooooooooooooooooo	Discordance majeure ooooooooooooooooooooooooooooo
Socle granitique précambrien	

TABLEAU n° 14

Ces trois entités ne sont pas simplement justifiées par des discontinuités; chacune des trois séries possède en effet ses caractéristiques propres.

— LA SERIE D'EL THLETHYATE est caractérisée par des dépôts essentiellement dolomitiques, de rapport dolomite calcite très constant. Les bancs sont réguliers, certains peuvent contenir des *Collenia* et des *Conophyton*. Le banc terminal de la série est particulièrement riche en *Conophyton*.

Nous avons vu que la série était puissante dans la chaîne de Dhlou (minimum 550 m, base non connue) et encore beaucoup plus à l'Ouest de cette chaîne, à El Aghchéouat; enfin qu'elle diminuait de puissance à El Thlethyate et surtout à Aghachan el Akhdhar. Au NE de cette butte, la série ne s'est pas déposée (fig. 40). Aghachan el Akhdhar représente donc un jalon de la « mer à Stromatolithes ». La Dorsale réguibat, que l'on fait souvent intervenir pour isoler les bassins de Tindouf et de Taoudenni, paraît donc bien avoir joué un rôle à cette période.

Dans la zone de sédimentation réduite d'El Thlethyate et d'Aghachan, les dolomies deviennent gréseuses et contiennent une quantité notable de microcline et d'autres minéraux clastiques. Tout ceci confirme l'idée d'un rivage dans la direction de l'Est et du NE; l'apport détritique y est plus important, la nature minéralogique des clastiques plus variée et les grains possèdent un fort degré d'usure (origine éolienne probable).

Nous avons émis l'hypothèse que cette formation s'était produite dans une zone à sédimentation tranquille, isolée du grand large par des seuils, peu profonde (sub-lagunaire) et où vivaient des colonies d'Algues encroûtantes. L'apport détritique devait se faire essentiellement par le vent. Une forte subsidence jouait dans la région occidentale.

— LA SERIE DE L'OUMAT EL HAM est de nature entièrement différente; elle débute brusquement, sans terme de transition avec la série précédente, par des dépôts détritiques grossiers, transgressifs sur la série d'El Thlethyate et sur le socle. La série débute par une première séquence positive commençant par des grès feldspathiques grossiers suivis de grès à *Scolithus linearis*. Ces faciès grossiers sont surmontés directement par des argiles micacées à *Acrothele*, dans lesquelles a été trouvée une faunule de Brachiopodes inarticulés et un petit débris de Redlichiidae (?), faunule qui indique un âge cambrien, vraisemblablement la partie supérieure du Cambrien inférieur. Ces argiles sont suivies par une épaisse série de schistes de 120 m, comportant surtout des pélites micacées à glauconie. Cette formation contient des niveaux très riches en grains de glauconie et en débris de Lingulidés, niveaux qui, dans le Nord, ont donné les minerais de fer de la Gara Bouya Ali. Quelques minces niveaux calcaires confirment la nature marine indubitable de cette série. Cette première séquence se termine par quelques lits d'argile.

Grâce aux affleurements de l'Oued Ezrayeb, nous avons montré qu'une deuxième séquence positive faisait suite à la première. Elle débute encore par des sédiments grossiers et des grès à Scolithes, les grès à *Scolithus linearis* supérieurs. Ces grès sont surmontés par six mètres de grès schisteux, dont un seul affleurement a pu être repéré pour l'instant. La partie terminale de la série ne nous est pas encore connue.

La série de l'Oumat el Ham étant transgressive, le conglomérat de base n'a pas partout le même âge. Il est de plus en plus jeune vers le NNE, sens de la composante observable de la transgression. Sa nature varie avec les roches qui le surmontent directement. Ce conglomérat peut contenir des nodules de phosphate et de grès phosphaté.

La série de l'Oumat el Ham est une série détritique incontestablement marine, caractérisée par des bancs bien lités; sa stratigraphie régulière peut se suivre sur de grandes distances. Les niveaux inférieurs sont plus puissants au SW qu'au NE. La lacune des grès feldspathiques et des grès à Scolithes inférieurs est totale à partir de l'Oumat el Ham vers le NNE.

Les grès à Scolithes indiquent des dépôts épicontinentaux; très fréquents dans le Cambrien inférieur du monde entier, ils sont l'indice de « faciès d'installation ». Les faciès schisteux à glauconie qui les surmontent indiquent un léger approfondissement de la mer et correspondent à une sédimentation de vases marines, dont la richesse en biotite détritique et en glauconie authigène est remarquable. Une faune de Brachiopodes inarticulés vivait dans ces vases. Il faut peut-être voir là une relation avec le phosphate que l'on rencontre fréquemment à ces niveaux. On y a également trouvé un organisme nouveau, *Nyssenia zemmourensis*.

Ensuite on observe une récurrence de grès à Scolithes : ce sont les grès à Scolithes supérieurs de l'Oued Ezrayeb. Les grès schisteux qui les surmontent près de l'Oued Ezrayeb, se singularisent par un classement beaucoup plus anarchique que tous les autres sédiments de la série, ce qui n'est pas sans surprendre.

— LA SERIE DE GARAT EL HAMOUEID est également bien individualisée et ses caractères contrastent avec ceux des séries précédentes. Elle est presque uniquement composée de sédiments détritiques gréso-silteux. Mais contrairement à la série précédente, il est impossible d'y établir une stratigraphie cohérente par corrélation de coupes même voisines. En effet, sa caractéristique la plus frappante réside dans l'irrégularité des bancs. Les stratifications entrecroisées ou obliques y sont très fréquentes.

Cette série repose en discordance, sans différence angulaire, sur une paléosurface d'érosion. Les essais de reconstitution que nous avons présentés montrent le modelé du relief de l'époque, constitué de collines molles et de petites falaises de grès.

Le conglomérat de base, polygénique, remanie de nombreux débris de la série précédente, mais contient également des galets du socle granitique et des galets de phosphate ou de grès phosphaté. Ce conglomérat passe vers le haut à des grès-quartzites lithiques contenant ces mêmes éléments en microdébris. Puis le reste de la série est en majeure partie constitué de grès-quartzites et de faciès gréseux variés.

La plupart des grains sont très usés et présentent l'aspect de grains éoliens. L'origine, continentale ou marine, de la série de Garat el Hamoueïd est difficile à établir. La présence de nodules de phosphate et de grains de glauconie à la base, ainsi que l'existence au sommet, à l'Ouest des Gour Lemdeïlbeh, d'empreintes de « *Camarotoechia* », semblent impliquer une origine marine très littorale. Toutefois un examen plus approfondi montre que la glauconie est détritique, elle peut donc provenir des glauconies authigènes connues dans la série de l'Oumat el Ham. Il en est de même des nodules de phosphate. Dans toute la série, le matériel est très usé et pourrait avoir une origine éolienne; l'aspect du conglomérat, qui contient des galets mous, les stratifications obliques ou entrecroisées, l'irrégularité de la stratigraphie, sont des faits qui plaident plutôt en faveur d'une origine continentale. Il pourrait par exemple s'agir d'un ancien système dunaire; ceci expliquerait l'extraordinaire étendue de ce type de grès qu'on retrouve sur toute la plateforme du Sahara et de l'Afrique occidentale, alors que des faciès littoraux gréseux sans classement latéral sont difficiles à admettre sur de pareilles étendues. L'existence, au sommet, d'empreintes de *Camarotoechia* assez voisines des *Camarotoechia* gotlandiennes, pourrait alors s'expliquer par la transgression marine gotlandienne qui, avant de déposer les schistes à Graptolites sur les sables, aurait commencé par envahir les dunes et les niveler. Mais ceci reste une simple hypothèse, car il peut s'agir également, tout au moins *pro parte*, de grès marins du Llandovery inférieur.

On voit donc apparaître l'originalité de ces trois séries, correspondant chacune à un cycle de sédimentation bien différent. Les subdivisions régionales proposées sont donc largement justifiées, non seulement par la présence de coupures naturelles (lacunes, transgressions ou discordances), mais également par l'originalité pétrographique des formations.

Le tableau n° 15 et la fig. 40 résument la série stratigraphique du « Cambro-Ordovicien » telle qu'on peut la concevoir actuellement. Le manque de fossiles ne permet pas d'établir une chronologie précise. Le seul niveau daté est constitué par les argiles à *Acrothele* qui représentent la partie supérieure du Cambrien inférieur. Les premiers grès à Scolithes, immédiatement sous-jacents, sont donc vraisemblablement du Cambrien inférieur. La puissante série glauconieuse et les faciès gréseux récurrents à Scolithes peuvent peut-être représenter le Cambrien moyen.

Il est difficile de dater la grande discontinuité qui sépare les séries de l'Oumat el Ham et de Garat el Hamoueïd, ainsi que de donner un âge précis à cette dernière série. Nous verrons, en étudiant le Gotlandien, que celle-ci est apparemment concordante sous les schistes à Graptolites débutant à la zone 19 de Miss ELLES (Llandovery moyen). Le brusque changement de faciès entre les grès et les schistes indique-t-il une lacune ? Il est difficile de répondre. Si la concordance géométrique est certaine, il n'est pas sûr qu'il y ait continuité de la sédimentation entre les deux formations.

ORDOVICIEN A GOTLANDIEN INF.	SÉRIE DE GARAT EL HAMOEÏD (12 à 150 m)	15bis	Grès et siltstones variés
		15	Grès-quartzites et quartzites
		14bis	Grès fins micacés vert clair
		14	Conglomérat de base à débris de pélites vertes et à nodules phosphatés
		13	Faciès d'altération de la paléosurface d'érosion ~~~~~ DISCORDANCE DE RAVINEMENT ~~~~~
CAMBRIEN (INFÉRIEUR ET MOYEN ?)	SÉRIE DE L'OUMAT EL HAM sensu stricto (> 120 m)	12	Grès schisteux de l'Oued Ezrayeb
		11	Grès-quartzites à <i>Scolithus linearis</i> supérieurs
		10	Conglomérat phosphaté ?
		9	Argiles supérieures
		8	Pélites micacées vertes , à glauconie , à débris de Lingulidés
		7	Minerai de fer de Gara Bouya Ali à <i>Nyssenia zemmourensis</i>
		6	Argiles micacées à <i>Acrothele spinulosa</i> POULSEN, <i>Lingulella</i> et <i>Neobolus</i>
		5	Grès-quartzites à <i>Scolithus linearis</i> inférieurs
		4	Grès feldspathiques grossiers roses
		3	Conglomérat de base
INFRA CAMBRIEN ?	SÉRIE D'EL THLETHYATE (0 à > 500 m)	~~~~~ LACUNE ET TRANSGRESSION ~~~~~	
		2	Dolomies à <i>Conophyton</i>
		1	Conglomérat de base

TABLEAU n° 15

Tableau synthétique de la stratigraphie du « Cambro-Ordovicien » du Zemmour

En conséquence, l'âge de la série de Garat el Hamoueïd se situe entre le Cambrien moyen et le Llandovery moyen. En réalité, la grande coupure séparant les séries de l'Oumat el Ham et de Garat el Hamoueïd implique tout de même que l'émersion et l'érosion ont duré un certain laps de temps, pouvant correspondre par exemple au Cambrien supérieur. C'est pourquoi, dans le tableau stratigraphique, la dernière des trois séries est attribuée, non sans un point d'interrogation, à la période allant de l'Ordovicien au Gotlandien inférieur, sans que l'on puisse préciser davantage. Bien qu'elle ait été étudiée dans le chapitre consacré au « Cambro-Ordovicien », il serait plus logique, désormais, de la grouper avec le Gotlandien. La série de Garat el Hamoueïd représente plus le départ du cycle de sédimentation gotlandien que la fin du cycle cambrien. Si elle a été traitée ici avec l'ensemble « cambro-ordovicien », c'est que rien au départ ne nous autorisait à procéder autrement, et que seules les conclusions nous ont conduit à cette idée.

Quant à la série d'El Thlethyate, elle se trouve sous la transgression du Cambrien inférieur. C'est pourquoi on l'attribue ici à l'Infracambrien (?), en donnant à ce terme son sens saharien particulier, de formations situées sous le Cambrien daté et au-dessus de la grande discordance

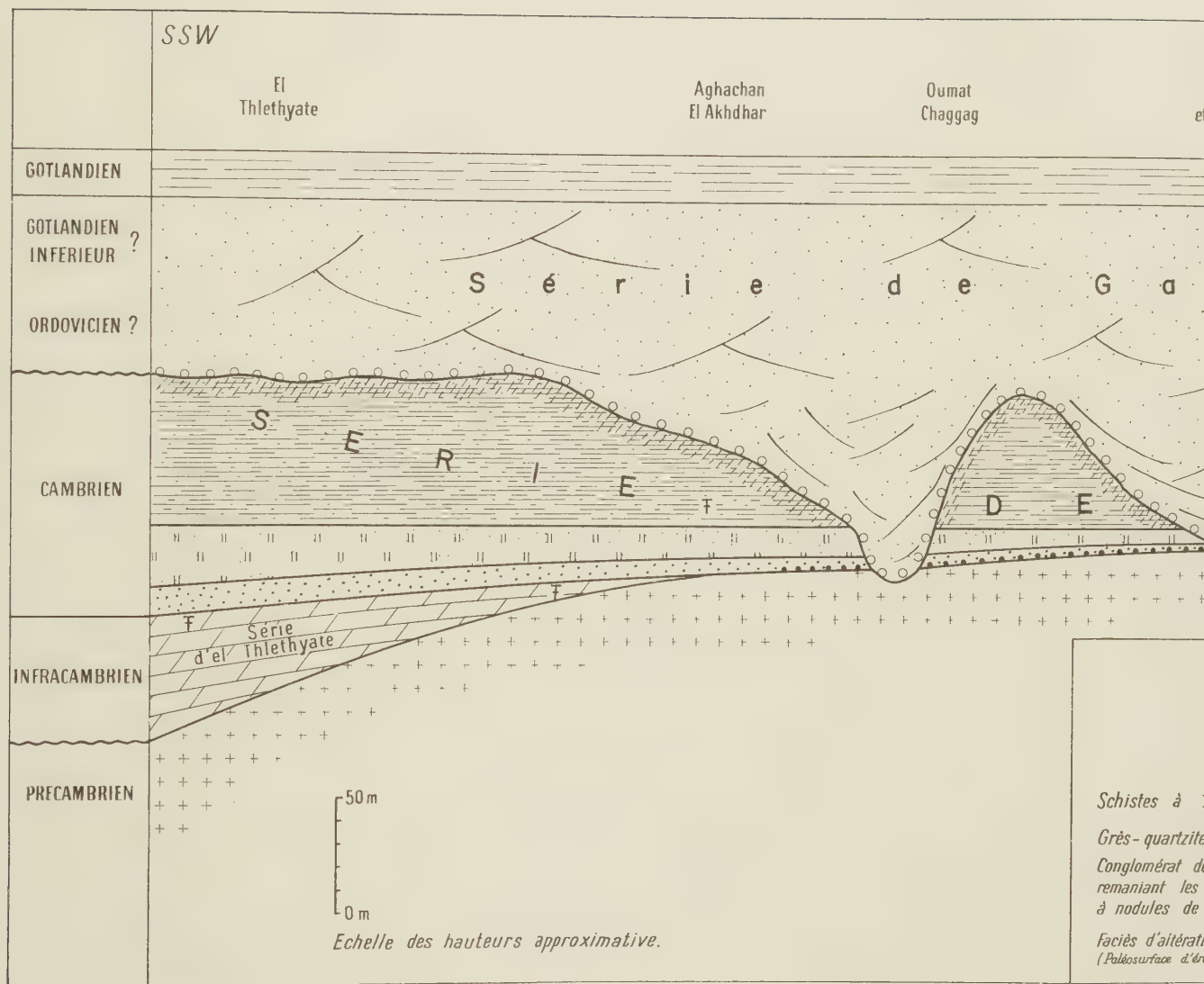
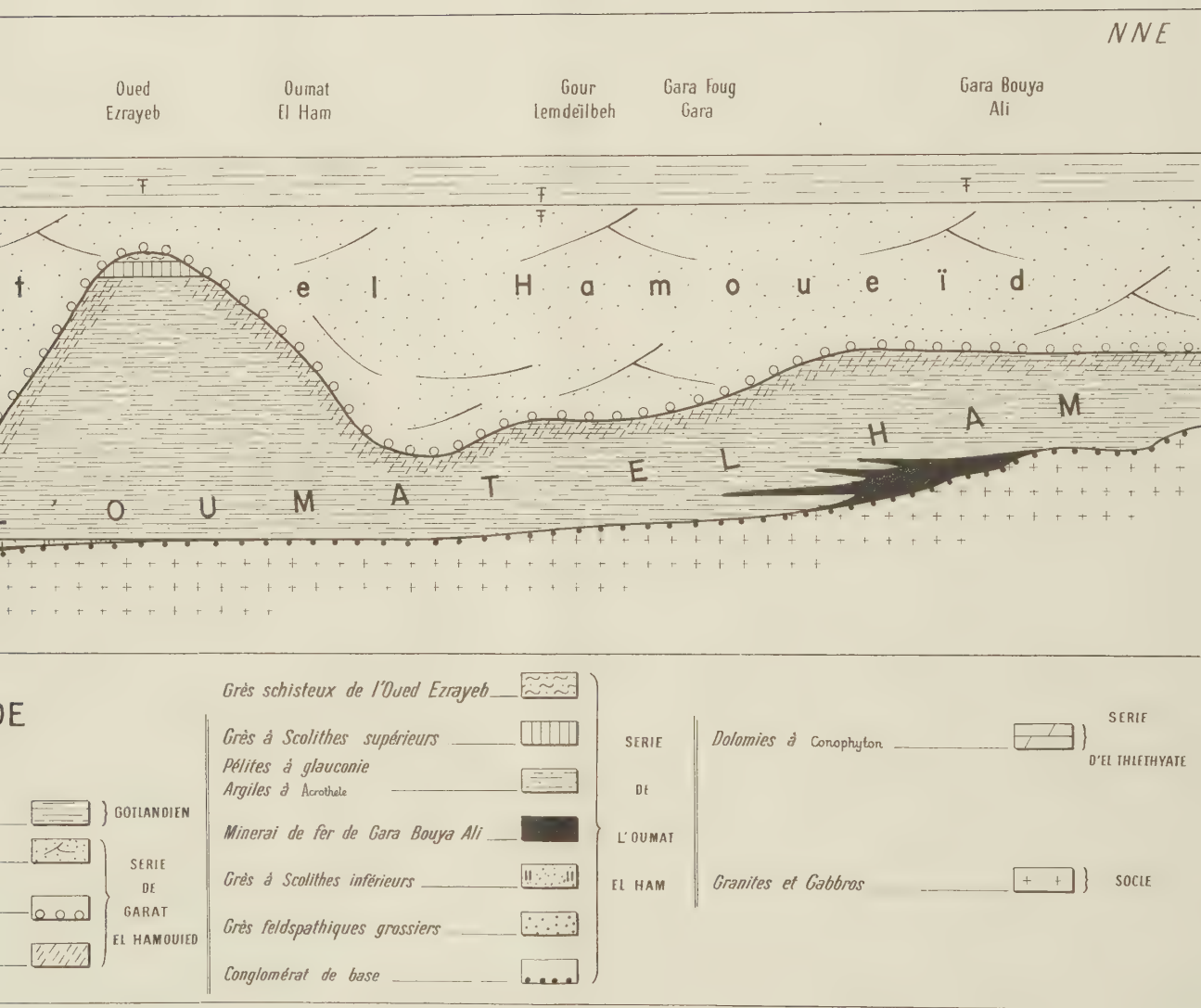


FIGURE 40. — Schéma synthétique du « Cambro



Stratigraphiques entre les séries
Zemmour

tassilienne. Il est certain qu'à l'échelle mondiale, cette discordance ne peut servir de limite, mais, à l'échelle saharienne on peut, avec prudence, l'utiliser comme limite inférieure du « Paléozoïque » s. l. (voir les travaux du 76^e Colloque C. N. R. S., Paris, 1957). Remarquons que si la présence de Stromatolithes dans cette série ne peut servir à la dater, elle autorise cependant certaines comparaisons avec les régions voisines. En revanche les *Archaeocyathus* ne sont pas connus au Zemmour, et nous verrons que ce caractère négatif a également son intérêt.

B. — COMPARAISONS ET RELATIONS AVEC LES RÉGIONS VOISINES

La pauvreté des faunes du « Cambro-Ordovicien » du Zemmour rend difficiles les corrélations avec les régions voisines. Nous essaierons cependant de dégager les relations de la stratigraphie que nous venons de définir avec celles du Sud-marocain, du Sud-algérien et de l'Afrique occidentale. De telles corrélations ne peuvent avoir qu'une valeur indicative et sont plutôt des hypothèses de travail provisoires.

1° *Corrélations avec le Sud-marocain (Anti-Atlas)*

La stratigraphie du Paléozoïque inférieur de l'Anti-Atlas est maintenant bien connue, grâce aux beaux travaux des géologues du Service géologique du Maroc. Cette stratigraphie a été largement précisée par la découverte de nombreuses zones de Trilobites, débutant d'ailleurs plus tôt que dans le reste du monde. G. CHUBERT a fait une belle synthèse de tous les résultats obtenus (1952a, 1955 [1954], 1956, 1958 [1957]). Nous en avons résumé les grandes lignes dans les tableaux n° 16 et 17.

Ces deux tableaux montrent comment les géologues marocains distinguent, au cours du Paléozoïque inférieur (le Précambrien III ou série d'Ouarzazate étant exclu), quatre grands cycles de sédimentation séparés par des périodes de régression ou des lacunes. Ce sont de bas en haut, le cycle adoudounien, le cycle géorgien, le cycle acadien et le cycle ordovicien.

Le cycle adoudounien et le cycle géorgien (au sens très large que l'on donne à ce terme au Maroc) sont séparés par une régression que matérialisent la série lie-de-vin, les grès de Tikirt et, à l'Est, le conglomérat glaciaire (?) du Monument du Général Leclerc (R. DU DRESNAY, 1953, 1957a, 1957b). Le cycle géorgien s'achève par les « grès terminaux » comprenant vers le haut un complexe de tufs volcaniques. Cette régression qui sépare le cycle géorgien de la grande transgression acadienne, correspond à la phase baïkalienne (ou salairienne) des plissements calédoniens. Le cycle acadien semble se terminer avec l'Acadien moyen; il est séparé du cycle ordovicien par une grande lacune de l'Acadien supérieur et du Potsdamien, pouvant correspondre à la phase sarde. Enfin le cycle ordovicien, qui débute en certains points dès le Trémadoc (G. CHUBERT, J. HINDERMEYER et P. HUPÉ, 1955), ce que viennent confirmer des découvertes récentes (J. DESTOMBES et S. WILLEFERT, 1959), est séparé, tout au moins en certains points, d'après G. CHUBERT, du cycle gotlandien par une nouvelle période de régression et d'exondation, correspondant à des contre-coups de la phase taconique.

Le cycle adoudounien est « caractérisé » uniquement par des Stromatolithes. Le cycle géorgien débute avec les premiers *Archaeocyathus*. D'après G. CHUBERT (*in litt.*, juillet 1959), les premiers *Archaeocyathidés* (gisement de BOURGIN) ne seraient pas en réalité situés dans la partie supérieure de la « série lie-de-vin » devenue ici entièrement calcaire, mais dans un niveau situé plus ou moins bas dans la « série des calcaires supérieurs ».

Au-dessus de ces calcaires, lorsque la série devient schisteuse, les premiers Trilobites apparaissent. P. HUPÉ (1952) a pu y distinguer huit zones paléontologiques, devenues classiques. Toutefois cet auteur (*comm. orale*, juillet 1959) pense actuellement que ce cadre rigide est à reprendre, car l'extension verticale de certaines espèces, mieux connues maintenant, s'avère plus grande qu'on ne le pensait à l'origine, alors qu'au contraire la découverte de nouvelles espèces permettra la définition de nouvelles zones. P. HUPÉ (thèse, 1959) pense qu'une grande partie de ces schistes à Trilobites proviendrait d'un matériel volcanique sédimenté en mer et plus ou moins remanié.

Stratigraphie du Paléozoïque inférieur de l'Anti-Atlas.				
d'après les synthèses de G. CHOUBERT, les travaux de R. DU DRESNAY, le rapport C.E.A. de B. BLANGY pour les niveaux à Scolithus, les travaux de J. DESTOMBES et la thèse de P. HUPE				
GOTLANDIEN	LLANDOVERY	SUP.	puiss. en mètr.	Schistes à Graptolithes débutant à la zone 19 de Miss Elles (exceptionnellement z.17)
		MOY.		
		INF.		
ORDOVICIEN	ASHGILL			régression, exondation, lacune (PHASE TACONIQUE)
	CARADOC		200	Quartzites du Bani
	LLANDEILO		350 250	
	ARENIG TRÉMADOC		1000 à 2000	Schistes des Feijas externes
CAMBRIEN	POTSDAMIEN			régression, lacune (PHASE SARDE)
	ACADIEN	SUP.		Grès et quartzites à Conocoryphe et Lingules (Grès du Tabanit ou du petit Bani); dans l'Ougnat (d'après C.E.A.) → série terminale volcanique et radio-active Grès supérieur à Scolithus (30 à 50 m) série schisteuse intermédiaire (200 m) grès inférieur, à Scolithus vers le sommet 50 à 80 m
		MOY.	100 à 250	
		INF.	100 à 3000	
	ZONE DE PASSAGE (GÉORGIEN TERMINAL)		60 à 100	Schistes à Protolenus et "Brèches calcaires à Micmacca" ZONE VIII à Myopsolenus début de la grande transgression acadienne
	GÉORGIEN	SUP.	150 à 200	"Grès terminaux" (Grès géorgiens supérieurs) à Scolithus (de Taidalt à Tadakoust) (PHASE BAÏKALIENNE) régression ZONE VII à Gentilaspis gigas
		MOY.	300 à 400	Complexe schisteux à niveaux calcaires scoriacés ZONE VI à Longianda et à Brachiopodes ZONE V à Neltneria (ZONE IV à Antatlasia)
		INF. s. str.	350 à 450	Série schisto-calcaire à Trilobites dans les schistes et à Archaeocyathus dans les calcaires ZONE III à Daguinaspis et petits Brachiopodes ZONE II à Choubertella ZONE I à Falloaspis
		INF. s. lato	400 à 500	Série des "calcaires supérieurs" Collenia de petite taille Archaeocyathus
			600 à 700	Série régressive lie-de-vin, grès de Tikirt (et conglomérat glaciaire?) du monument du Général Leclerc suivant R. DU DRESNAY) Collenia de taille moyenne
				régression
INFRA-CAMBRIEN s. stricto	ADOUDOUNIEN		<3000	Série des "calcaires inférieurs" (calcaires dolomitiques et dolomies) et volcans d'Alougoum Collenia
			100 à 350	Série de base { schistes azoïques et latéralement conglomérat calcaires
INFRA-CAMBRIEN s. lato ou PRÉCAMBRIEN	PRÉCAMBRIEN III (série d'Ouarzazate)		0 à plusieurs milliers de m	Complexes volcaniques et détritiques superposés et discordants les uns sur les autres Lentilles calcaires à Stromatolithes
discordance majeure sur le PRÉCAMBRIEN II				

TABLEAU n° 16

		ZEMMOUR		ANTI-ATLAS		
C A M B R I E N	GOTLANDIEN	LUDLOW	schistes à <i>Graptolites</i> débutant à la zone 19 de Miss ELLES	schistes à <i>Graptolites</i> débutant à la zone 19 de Miss ELLES		
		LLANDOVERY				
	ORDOVICIEN	ASHGILL	lacune ?	PHASE TACONIQUE	lacune	
		CARADOC			exondation, régression	
		LLANDEILO	serie de Garat el Hamouziid	3 ^e	quartzites du Bani	4 ^e
		ARENIG	lacune		schistes du Tremadoc-Arenig	Cycle
	POTSDAMIEN	érosion				
	ACADIEN	SUP.	émersion	PHASE SARDE	régression, lacune	
		MOY.	schistes gréseux de l'Oued Ezrayeb grès à <i>Scolithus</i> supérieurs		quartzites à <i>Conocoryphe</i> série schisteuse et grès à <i>Scolithus</i> (Ougnat)	
		INF.	pélites micacées à glauconie	2 ^e	schistes à <i>Paradoxides</i>	3 ^e Cycle
	GÉORGIEN	terminal	argiles à <i>Acrothele</i>		schistes à <i>Protolenus</i> et "brèche calcaire à <i>Micmacca</i> "	VIII
		SUP.	grès à <i>Scolithus</i> inférieurs		DEBUT DE LA TRANSGRESSION "ACADIENNE"	
			PHASE BAÏKALIENNE	régression	grès terminaux à <i>Scolithus</i> et complexe volcanique	VII
		MOY.			complexe schisteux à niveaux calcaires scoriacés	VI V
		et				IV 2 ^e
		INF. s.str.	lacune		série schisto-calcaire	III II I
INFRACAMBRIEN	INF. s.late			calcaires supérieurs à <i>Archæocyathus</i>		
		lacune (N-E)		régression	série lie-de-vin	
		Série d'El Thlethyale (SW) à <i>Conophyton</i>	1 ^{er}	Adoudounien à <i>Collenia</i>	1 ^{er} Cycle	

TABLEAU n° 17

Essai de corrélations entre le Paléozoïque inférieur du Zemmour et celui de l'Anti-Atlas

Les « grès terminaux » (zone VII) contiennent des *Scolithes* dans le Taïdalt (G. CHUBERT, 1956). D'après P. HUPÉ (*ibid.*), ces grès à *Scolithes* sont situés approximativement aux 3/4 des « grès terminaux », au SW de Taïdalt (coupe 21) et à Tadakoust (coupe 11) où ils sont surmontés respectivement par 100 et 40 m de tufs volcaniques au-dessous de l'Acadien.

Le cycle acadien est également daté par des Trilobites. Il contient lui aussi, vers le sommet, des grès à *Scolithes*, sur le bord nord de l'Ougnat (B. BLANGY, 1956).

Les corrélations que nous pourrions faire seront hypothétiques puisque nous ne disposons malheureusement pas d'aussi bons repères paléontologiques que les géologues marocains. Toutefois le tableau n° 17 montre les points communs suivants entre les deux stratigraphies :

a. La série d'Ouarzazate, qui peut être granitisée, et, suivant les localités, concordante ou discordante sous la série paléozoïque proprement dite, présente certaines analogies avec la série d'Aïoun abd el Malek (p. 41). Choisisant l'une des deux options proposées par G. CHOUBERT (1958 [1957], p. 155), nous la classerions de préférence dans le Précambrien terminal. Elle n'intervient pas dans la comparaison avec la série stratigraphique paléozoïque du Zemmour.

b. Les dolomies du Zemmour peuvent être comparées soit aux « calcaires inférieurs » à *Collenia*, soit aux « calcaires supérieurs » à *Archaeocyathus*. Les premiers, au Maroc, sont généralement, malgré leur nom, des dolomies ou des calcaires dolomitiques et ne contiennent pas d'*Archaeocyathidés*. Ils constituent une série très puissante occupant dans l'Anti-Atlas une position comparable à celle des dolomies d'El Aghchéouat, à l'Ouest de Dhlou (p. 126). Il semble donc raisonnable de mettre en parallèle la série d'El Thlethyate et les « calcaires inférieurs », c'est-à-dire l'Adoudounien.

c. La série lie-de-vin n'a aucun équivalent au Zemmour. La lacune que nous présumons entre les séries d'El Thlethyate et de l'Oumat el Ham est à rapprocher de cette grande période régressive. Elle a pu toutefois se poursuivre beaucoup plus longtemps au Zemmour, englobant la phase baikalienne. Au deuxième cycle de l'Anti-Atlas correspondrait par conséquent au Zemmour une longue lacune de sédimentation.

d. Le premier véritable jalon paléontologique dont nous disposons est le niveau des argiles à *Acrothele*, qu'à la suite des déterminations de P. POULSEN, l'on peut considérer comme indiquant la partie supérieure du Cambrien inférieur. On peut donc mettre en parallèle ce niveau avec les zones VII ou VIII de l'Anti-Atlas.

Il est certain qu'on ne peut pas prendre les niveaux à *Scolithes* comme base des corrélations : en effet les *Scolithes* sont avant tout des fossiles de faciès (p. 184). Néanmoins, dans le tableau de corrélations, il faut placer le niveau à *Acrothele* en face de la zone VII ou VIII. Or le premier niveau à *Scolithes* au Maroc apparaît dans les « grès terminaux » (G. CHOUBERT, 1956; P. HUPÉ, 1959), dans la zone VII. On peut donc, avec toutes les réserves que cela implique, et en attendant de meilleurs arguments, placer les grès à *Scolithes* inférieurs du Zemmour en regard des « grès terminaux » à *Scolithes* de Taïdalt. La faune à *Acrothele* qui appartient à la fin du Cambrien inférieur peut alors correspondre aux schistes à *Protolenus* par lesquels on fait débiter au Maroc la grande transgression acadienne.

Les pélites à glauconie pourraient alors être l'équivalent des schistes à *Paradoxides*, et les grès à *Scolithes* supérieurs de l'Oued Ezrayeb, l'équivalent des grès et quartzites à *Conocoryphe* et *Lingules*, dans lesquels B. BLANGY (1956) a signalé deux niveaux à *Scolithes*.

Il faut toutefois remarquer que la présence d'un débris de *Redlichiidae* dans la faune à *Acrothele* pourrait signifier un âge un peu plus ancien pour cette faune. En effet au Maroc, il n'y a plus, dans la zone VII, que des *Protolenidae*. Malheureusement le seul débris trouvé jusqu'à maintenant est trop fragmentaire pour permettre une détermination dont on puisse tenir compte avec certitude.

Dans l'hypothèse que nous avons retenue, la série de l'Oumat el Ham correspondrait au troisième cycle sédimentaire du Sud-marocain : les argiles à *Acrothele* au Géorgien supérieur, les pélites à glauconie aux schistes de l'Acadien inférieur et les grès à *Scolithes* supérieurs aux quartzites à *Conocoryphe*.

e. La lacune, au Maroc, de l'Acadien supérieur et du Potsdamien serait alors l'équivalent d'une partie, tout au moins, de la grande discontinuité que nous avons mise en évidence entre les séries de l'Oumat el Ham et de Garat el Hamouéïd. Les phénomènes d'émersion et d'érosion qu'implique cette discordance de ravinement au Zemmour, seraient alors un contre-coup de la phase sarde des mouvements calédoniens. Cette lacune du Cambrien supérieur a d'ailleurs une valeur très générale (rares sont les pays où le Potsdamien existe !). Il n'est donc pas surprenant que l'intervalle d'émersion et d'érosion séparant les deux séries se place à ce moment-là.

f. Enfin la série de Garat el Hamouéïd serait l'équivalent (plus ou moins continental ?) des quartzites du Djebel Bani. Le passage brutal des grès de Garat el Hamouéïd aux schistes gotlandiens

géométriquement concordants, dont nous n'avons pu préciser jusqu'à maintenant s'il s'agissait simplement d'une brusque variation de faciès ou d'une interruption dans la sédimentation, correspondrait à la lacune prouvée au Maroc par l'absence de faune, de l'Ashgill, et, en certains points, du Llandovery inférieur. Comme nous le verrons plus loin (p. 259) pour le Zemmour, le Gotlandien schisteux ne débute souvent au Sud-marocain qu'à la zone 19 de Miss ELLES.

Cette dernière lacune, difficile à démontrer au Zemmour, correspond à la phase taconique des plissements calédoniens. Mais on ne peut exclure l'autre hypothèse qui ferait de la série de Garat el Hamoueid, en tout ou partie, du Llandovery inférieur gréseux, l'hiatus entre les séries de l'Oumat el Ham et de Garat el Hamoueid englobant alors la phase taconique.

Ces remarques justifient l'essai de corrélation que nous proposons à titre d'hypothèse entre les séries stratigraphiques du Zemmour et de l'Anti-Atlas (tableau n° 17). Nous avons déjà fait plus haut les réserves qui s'imposent sur la valeur de tels rapprochements; toutefois il ne faut pas perdre de vue que le Zemmour ne se trouve en ligne droite qu'à 300 km des premiers affleurements du Paléozoïque inférieur de l'Anti-Atlas. D'une manière générale, on observe une même succession des Stromatolithes et des Scolithes, et dans des faciès analogues. L'absence des *Archaeocyathus* s'explique par la lacune du deuxième cycle de sédimentation marocain. De plus cette interprétation montre qu'il n'y a guère d'espoir de trouver au Zemmour, sauf peut-être dans la chaîne de Dhlou, les premiers Trilobites géorgiens.

Dans le schéma proposé, un point reste en désaccord avec la stratigraphie sud-marocaine. Les « grès terminaux » à Scolithes du Maroc sont considérés par G. CHOUBERT comme la marque d'une période de régression et de fin de cycle. Au Zemmour au contraire, nous avons considéré que les grès à Scolithes inférieurs marquaient le début de la transgression de la série de l'Oumat el Ham (« faciès d'installation » de G. et H. TERMIER). On pourrait peut-être considérer plutôt les « grès terminaux » comme faisant partie du cycle « acadien » (3^e cycle) qui débiterait dès le Géorgien supérieur. Mais à cette suggestion, G. CHOUBERT (*in litt.*, juillet 1959) répond ainsi : « Il serait fort plaisant de considérer les « grès terminaux » comme début du cycle acadien. Cependant ils terminent la phase de subsidence et de remplissage de la fosse anti-atlasique. En dehors de cette fosse — Sarhro nord occidental, Ougnat — ils sont représentés par des grès roses à stratification entrecroisée de type continental. Le premier niveau marin y est la zone VIII. Dans le Haut-Atlas (route de Marrakech à Ouarzazate), aussi. Cependant à l'Est (R. du DRESNAY), le Cambrien inférieur marin débute par la zone VII et se continue par la zone VIII. Il semble donc que la transgression peut débiter localement avec la zone VII. C'est peut-être le cas des grès à Scolithes inférieurs du Zemmour ».

Enfin ces corrélations nous incitent à penser qu'il serait intéressant de rechercher également dans l'Anti-Atlas s'il n'existe pas, comme dans l'Oumat el Ham et dans les Tassilis du Sahara algérien, des phénomènes d'érosion datant de cette longue période de régression, qui peut s'étendre au Zemmour du Cambrien supérieur au Llandovery inférieur. Il faudrait pour cela rechercher des phénomènes de ravinement à la base de la transgression ordovicienne et à la base de la transgression gotlandienne.

2° Corrélations avec le Sud-algérien

Les corrélations avec ce vaste territoire sont délicates et entachées d'incertitudes, car aucune synthèse d'ensemble n'a encore été tentée à la suite des découvertes récentes et pour la plupart inédites. Il faudra attendre l'étude des nombreux sondages pétroliers pour passer des hypothèses aux certitudes.

Parmi les derniers travaux parus, citons en particulier P. GEVIN (1957, 1958 [1957], 1960); l'excellent travail d'équipe du B. R. P., mission Tanezrouft (C. SALLÉ, C. BOIS, P. CLARACQ, J. HINDERMEYER, A. JACMIN, M. MOLLIER, P. MOULIN et M. POULET, 1956); les travaux de A. POUEYTO (1952, 1958 [1957]), de C. CHANUT et R. NYSSSEN (1958), et de L. LESSARD et J. - P. BERTRAND (1958). Et enfin tout récemment les notes de L. LESSARD (1959), de J. BOROCOCCO et R. NYSSSEN (1958), de P. DOURTHE (1959) et la note résumant les travaux des principales compagnies pétrolières au Sahara (B. R. P., C. E. P., C. F. P. A., etc., 1959) à la suite du colloque d'Alger du 3 au 5 février 1959.

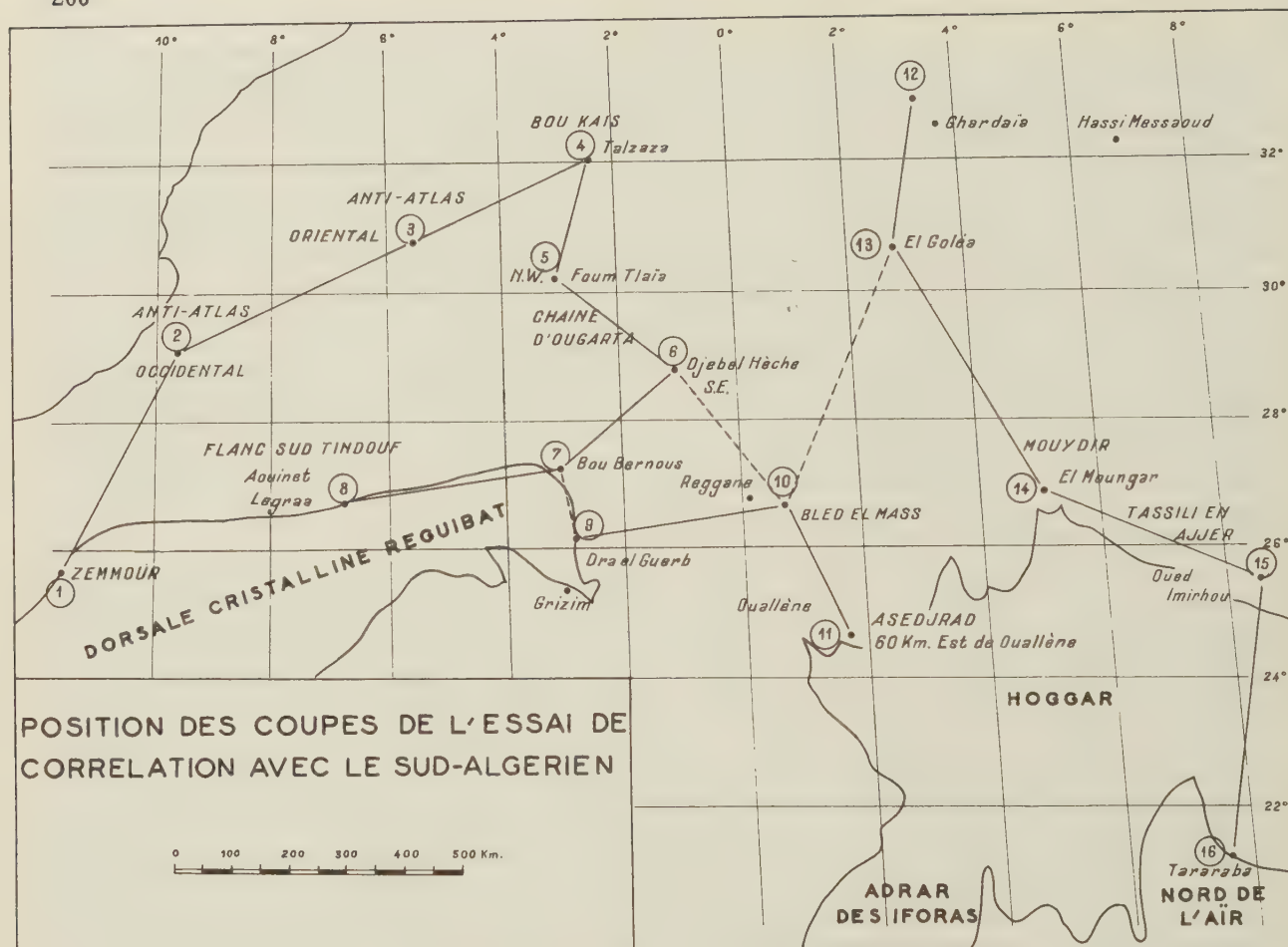


FIGURE 41

La plupart des auteurs ont proposé des corrélations qui malheureusement jusqu'ici, en l'absence de faunes, ne sont basées le plus souvent que sur :

- a. — des analogies de faciès,
- b. — des interruptions dans la sédimentation (lacune, discordance cartographique, discordance angulaire).

Toutefois, sur la bordure nord du Sahara, du Zemmour au Sud-tunisien, on commence à découvrir des faunes cambriennes et ordoviciennes qui, lorsqu'elles seront mieux connues, permettront des corrélations plus rigoureuses.

Sur la fig. 42, j'ai groupé les renseignements que l'on peut tirer de la littérature actuellement disponible. C'est un tableau *chronostratigraphique*, c'est-à-dire qu'il ne tient pas compte de la puissance des terrains, mais de la durée des dépôts. En l'absence de repères chronologiques nombreux, cela peut paraître chimérique, mais le but du tableau est surtout de montrer l'importance des *hiatus* : périodes de non-dépôt et séries enlevées par érosion; or ces périodes sont souvent plus longues que les périodes de sédimentation, ce qui n'apparaît pas dans les corrélations lithostratigraphiques (H. E. WHEELER et V. S. MALLORY, 1956; H. E. WHEELER, 1958 [(1957)] (1).

(1) Ceci ne doit toutefois pas faire oublier la possibilité de séries condensées à faciès gréseux azoïques, pouvant s'étendre sur une période relativement longue dans ces séries très peu fossilifères et encore mal reconnues (A. PERRODON, *in litt.*, août 1959).

Dans ce tableau, les corrélations certaines, basées sur la présence de faunes, sont indiquées en trait plein; les autres, hypothétiques et déduites par continuité, sont en trait discontinu. Un tel tableau n'a pas la prétention d'être exact, et devra être corrigé au fur et à mesure de la publication des nouvelles découvertes.

Le schéma s'appuie sur les seules régions possédant des repères paléontologiques précis et publiés : l'Anti-Atlas pour le Cambrien et l'Ordovicien, les chaînes d'Ougarta (Saoura) pour l'Ordovicien. On peut ainsi tenter des corrélations provisoires du Zemmour au Sahara algérien par le détour du Maroc. Seize coupes ont été utilisées, depuis le Zemmour jusqu'aux Tassilis du Sud du Hoggar; leur position géographique est indiquée sur la carte de la fig. 41.

Les principales conclusions que l'on peut tirer de ce tableau et dont certaines ont déjà été dégagées par N. MENCHIKOFF dès 1949, sont les suivantes :

1° La transgression des argiles gotlandiennes a un caractère très général. Au Sahara algérien elle s'accompagne d'une nette radioactivité. Presque partout elle débute avec le Llandovery moyen (sensiblement la zone 19 de Miss ELLES). Exceptionnellement au SW de l'Anti-Atlas, P. JACQUEMONT (Rapport B. R. P., 1955), puis H. HOLLARD et P. JACQUEMONT (1956) signalent le Llandovery inférieur (zone 17). De même J. DESTOMBES l'a découvert récemment dans le Tafilalet (J. DESTOMBES, H. HOLLARD et S. WILLEFERT, 1959). En bordure des dorsales cristallines, le Gotlandien peut commencer plus tard, ou même faire totalement défaut, la transgression ne débutant qu'avec le Dévonien (bord sud du synclinal de Tindouf). Comme on le sait depuis les découvertes de C. KILIAN, les schistes à Graptolites constituent donc généralement, malgré ces exceptions, une bonne limite supérieure.

2° Partout au Sahara, il existe une discordance majeure entre le socle cristallin (Dorsale réguibat et Ahaggar) et les séries « infracambriennes ». Toutefois, dans l'Anti-Atlas, dans la partie orientale de la Dorsale réguibat et dans la Saoura, il y au sommet du Précambrien des formations volcaniques (rhyolites) qui réduisent la durée de ce grand intervalle de non-dépôt.

3° Pour les séries « infracambriennes », il est impossible, actuellement, d'établir des corrélations sérieuses en l'absence de toute faune. Elles sont limitées au Sud du Zemmour, à l'Anti-Atlas, à la bordure sud de la Dorsale réguibat et peut-être aux dolomies inférieures de Bou Kaïs. Elles comportent en particulier des formations à Stromatolithes. Leur équivalence avec les séries du Touat, du Bled el Mass, de Tebourharine et d'In Guezzam n'est pas du tout établie. P. GEVIN (1957) met sur le même plan la série de Zémila (C. SALLÉ et autres, 1956) et les quartzites de Djebilet. Cette série de Zémila et son équivalent oriental, la série de Fersiga, débutent par des conglomérats qui semblent bien être des tillites (blocs granitiques de plusieurs mètres cubes). Or des dépôts glaciaires de ce genre sont connus en Afrique occidentale dans des formations que l'on situe pour l'instant plutôt dans l'Infracambrien (R. DARS et J. SOUGY, 1958 [1957]), ou tout au moins à l'extrême base du Cambrien *sensu lato* (R. DU DRESNAY, 1957a, 1957b) pour la tillite (?) du Monument du Général Leclerc. De même, pour P. HUPÉ (1958 [1957], p. 163-168), la série lie-de-vin du Maroc pourrait avoir une origine glaciaire. C'est pourquoi j'ai placé dans ce tableau, à titre *hypothétique*, la série de Zémila plus bas que les quartzites de Djebilet, contrairement à l'hypothèse émise par P. GEVIN d'une identité entre ces deux formations; c'est-à-dire au même niveau que la série lie-de-vin et que les conglomérats du Monument Leclerc. Ces quartzites de Djebilet ayant livré des *Camarotoechia*, leur âge cambrien est d'ailleurs bien douteux; il serait plus vraisemblable de leur attribuer un âge ordovicien.

Dans la partie centrale du Sahara, ces séries « infracambriennes » manquent totalement, sans que l'on puisse dire si elles ont été érodées avant le dépôt des séries postérieures, ou si elles ne se sont jamais déposées. En revanche, des « séries intermédiaires » du type Bled el Mass ou Ahnet ont été retrouvées dans la région d'Amguid (J. BOROCCHO et R. NYSSSEN, 1959) et sur la bordure méridionale de l'Ahaggar (L. LESSARD, 1959).

4° Dans tout ce vaste ensemble, au-dessus des formations « infracambriennes » ou des lacunes correspondantes, et sous la transgression gotlandienne, on trouve des complexes essentiellement schisto-gréseux. Les calcaires à Archaeocyathidés du SW marocain semblent localisés et correspondre à une lacune générale partout ailleurs. R. DU DRESNAY (1957b) y assimile toutefois depuis peu les dolomies fauves d'Aïn Chaïr.

Cet ensemble schisto-gréseux, d'après les zones repérables paléontologiquement, se subdivise en deux :

- un ensemble inférieur cambrien, bien daté dans l'Anti-Atlas et à Bou Kaïs, qui ne paraît jamais dépasser la partie moyenne du Cambrien moyen (Acadien moyen),
- un ensemble supérieur ordovicien, bien daté dans le Sud-marocain, dans les chaînes d'Ougarta, et depuis peu par sondage dans les régions de Ghardaïa et d'El Goléa (A. POUYTO, 1958 [1957]).

Ces deux ensembles sont séparés par une lacune importante qui comprend au moins la partie supérieure du Cambrien moyen (Acadien supérieur) et le Cambrien supérieur (Potsdamien). Aucun fossile appartenant à ces étages n'a été trouvé jusqu'à maintenant dans toutes ces régions.

Lorsqu'on se déplace vers l'Est, et encore plus lorsqu'on va vers les dorsales cristallines du Sud, l'amplitude de la lacune augmente. Le Trémadoc n'est connu, pour l'instant, qu'au Maroc (1) (G. CHOUVERT, J. HINDERMEYER et P. HUPÉ, 1955; J. DESTOMBES et S. WILLEFERT, 1959); dans la Saoura, la lacune se poursuit jusqu'au Skiddaw inférieur compris. A l'extrémité sud-est des chaînes d'Ougarta (coupe 6 du schéma), la lacune comprend la totalité de l'Arenig.

Dans la région des chaînes d'Ougarta, le premier ensemble se termine par une dalle à *Lingules* que A. POUYTO (1958 [1957]) attribue, non sans faire des réserves, au Cambrien supérieur par analogie avec les *Lingula* flags du Pays de Galles. Du fait qu'en aucun point des régions qui nous intéressent le Potsdamien n'a été daté paléontologiquement, et du fait que les *Lingules* sont fréquentes dans l'Acadien moyen du Maroc, j'ai placé à titre hypothétique cette dalle plus bas que ne l'a fait A. POUYTO. Remarquons d'ailleurs en passant que dans le Pays de Galles, les *Lingula* flags, auxquels fait allusion cet auteur, sont au toit du Cambrien moyen, mais qu'on n'y a pas retrouvé la faune à *Olenus*; et que dans les Midlands la lacune du Cambrien supérieur est certaine.

5° Dans les chaînes d'Ougarta, les Scolithes (Tigillites) sont présents dans les deux ensembles précédemment définis : quartzites à Tigillites inférieurs attribués sans certitude au Cambrien, quartzites à Tigillites supérieurs situés au-dessus des argiles à *Diplograptidae* de l'Arenig.

Au Maroc les Scolithes sont connus dans le Cambrien, mais également dans les quartzites du Caradoc (Timlelt) (R. DU DRESNAY, *in litt.*, mars 1960) et dans le Llanvirn de la région de Casablanca (J. DESTOMBES, *in litt.*, mars 1960). Au Zemmour ils semblent pour l'instant n'être connus que dans le Cambrien.

Les Scolithes ne peuvent donc pas être d'un grand secours pour différencier les deux ensembles. C'est pourquoi l'attribution des grès et quartzites à Tigillites placés sous les discordances de ravinement découvertes dans les Tassilis par C. CHANUT et R. NYSSSEN (1958) pour le Mouydir et par L. LESSARD et J.-P. BERTRAND (1958), à l'ensemble inférieur cambrien, était hypothétique et provisoire. La tendance actuelle (J. BOROCOCCO et R. NYSSSEN, 1959; B. R. P., C. E. P., etc., 1959) est de subdiviser ces ensembles en 3 unités, de bas en haut :

- unité I conglomérat, arkoses et grès feldspathiques passant assez progressivement à l'unité II,
- unité II grès à Tigillites,
- unité III schistes, psammites et grès à Tigillites.

Les unités I-II qui semblent n'être qu'une évolution pétrographique d'un même ensemble, ont été attribuées au Cambrien, et à leur sommet a été découverte une faune d'espèces nouvelles à *Dinobolus ? amguidensis*.

L'unité III, attribuée à l'Ordovicien, a livré au Djebel in Hedrane une faune de Lamellibranches (*Modiolopsis tioukelinensis*) et des Conulaires, et dans le Sud-tunisien des faunes du Trémadoc et du Llandeilo.

Au Sahara, les grès à Scolithes semblent donc se trouver essentiellement dans le Cambrien et dans l'Ordovicien (unités II et III des géologues pétroliers). Le problème d'une lacune importante (soit par non-dépôt, soit par érosion) entre ces deux unités, supposée dans notre tableau par analogie avec le Maroc, ne semble pas avoir déjà été soulevé. R. NYSSSEN (*in litt.*, août 1959) a

(1) On le retrouve également, daté par une faune à *Lingulella nicholsoni*, dans le Sud-tunisien, où il est discordant sur une série cambrienne (S. E. R. E. P. T.).

observé fréquemment des niveaux rubéfiés et conglomératiques à la base de l'unité III, ce qui pourrait confirmer cette idée.

6° Ces ensembles à Scolithes, qui sont très comparables lithologiquement, se terminent tous les deux par des formations gréseuses qui paraissent s'étaler plus largement vers l'Est et vers le Sud que les formations schisteuses cantonnées dans les bassins du Zemmour, de l'Anti-Atlas, de la Saoura et du Nord du Sahara :

- grès à *Conocoryphe* et *Lingules* (Acadien moyen) au Maroc, grès et quartzites à Tigillites et dalle à *Lingules* dans la Saoura, pour l'ensemble inférieur;
- quartzites du Bani et barre terminale du Caradoc au Maroc, dernière barre de quartzites et de grès dans les chaînes d'Ougarta, pour l'ensemble supérieur.

7° La « discordance de ravinement » découverte pour la première fois au Zemmour en 1955 et dont j'avais dès lors pressenti le caractère général (J. SOUGY, 1956) se retrouve maintenant en de très nombreux points dans tout le Sahara algérien et jusque dans le Sud-tunisien (ce sont notamment les découvertes de L. LESSARD et J.-P. BERTRAND (1958) pour le Tassili en Ajjer et la bordure nord de l'Aïr, de C. CHANUT et R. NYSSSEN (1958), de J. BOROCCHO et R. NYSSSEN (1959) pour le Mouydir et le Tassili en Ajjer, et celles de nombreuses compagnies pétrolières (B. R. P., C. E. P., etc., 1959) et notamment celles de la C.E.P. dans le bassin de Reggane - Ouallène (P. DOURTHE, 1959). Il semble donc que cette discordance de ravinement soit un phénomène général et fondamental sur toute la bordure septentrionale du bouclier africain. Toutefois insistons sur le fait qu'il ne faut pas *a priori* admettre que cette discordance est partout contemporaine (voir H. WHEELER, 1958 [1957]), comme tendraient à le laisser supposer des corrélations lithostratigraphiques. Une discordance de ravinement comporte trois phases : émergence, érosion, transgression. La transgression ne débutant pas partout au même moment, l'érosion durera donc plus longtemps dans les zones à transgression tardive. Le tableau chronostratigraphique (fig. 42), aussi imparfait soit-il, a l'avantage de tenir compte de cette remarque.

8° Il reste le problème de l'existence d'une discontinuité entre l'ensemble schisto-gréseux supérieur ordovicien et la transgression des schistes du Llandovery moyen. Au Zemmour, il ne m'a pas été possible de préciser si la brutale discontinuité de faciès correspondait ou non à une lacune importante de sédimentation. Dans l'Anti-Atlas, l'absence de faune de l'Ashgill et souvent du Llandovery inférieur suggère une lacune de ces deux étages. Au contraire dans la Saoura, A. POUYTO (1958 [1957]) préfère grouper les grès terminaux avec les schistes à *Graptolites* et en faire le Llandovery inférieur, parce qu'ils sont, comme les schistes, discordants cartographiquement sur le Cambrien et l'Ordovicien daté. Dans les Tassilis, l'existence d'une discordance a été signalée par L. LESSARD et J.-P. BERTRAND (1958), aussi bien au Nord (1) qu'au Sud du Hoggar. Il semble donc bien que dans la majorité des cas, il y ait une lacune correspondant à la partie terminale de l'Ordovicien et au Llandovery inférieur.

De cet essai de synthèse, se dégagent quelques idées essentielles. A l'Infracambrien, les formations, à dominance calcaro-dolomitique, se sont surtout déposées au Sud et à l'Ouest et dans des bassins plus ou moins isolés. Au Cambrien et à l'Ordovicien au contraire, les dépôts qui ont persisté le plus longtemps sont situés plus au Nord. En effet, à l'approche des dorsales cristallines du Pays réguibat et de l'Ahaggar, les dépôts deviennent de plus en plus épisodiques. Mais il ne faut pas perdre de vue qu'une partie de ces lacunes peut être due à l'érosion, la discordance de ravinement entre la série de l'Oumat el Ham et celle de Garat el Hamoueid, ou entre les unités III et IV des géologues pétroliers, semblant un phénomène général connu maintenant depuis le Zemmour jusqu'à la Tunisie. De même, comme l'ont montré C. DELCLAUD, I. ORTYNSKI et A. PERRODON (1957), les formations paléozoïques en général diminuent d'importance vers la partie orientale du Sahara, et l'évolution des faciès suggère la proximité de la bordure du bassin dans cette direction. (A partir du Trias, au contraire, un jeu de bascule intervertira les zones de dépôts puissants, le Sahara occidental restant émergé).

Les trois séries définies dans le Zemmour s'intègrent dans ce cadre schématique. Toutefois seule la série de l'Oumat el Ham *sensu stricto* peut être rattachée avec certitude au cadre chronostratigraphique grâce au repère que constituent les argiles à *Acrothele*.

(1) Cette légère discordance, dans l'Imirhou, est d'ailleurs contestée par d'autres géologues.

La série d'El Thlethyate reste dans le cadre vague mais commode de l'Infracambrien. La série de Garat el Hamoueïd est rapportée à la partie supérieure de l'Ordovicien par analogie avec le Maroc et en admettant l'hypothèse d'une lacune entre elle et le Llandovery inférieur, mais elle pourrait tout aussi bien représenter l'extrême base du Gotlandien.

De cette étude, on peut déduire qu'il sera préférable, ultérieurement, d'établir des corrélations nord-sud, plutôt que d'essayer de rattacher directement entre elles, les formations réduites qui bordent les dorsales. C'est ainsi que A. POUYTO (1958 [1957]) montre que la série ordovicienne puissamment représentée au Nord, 1100 m à Foun Tlaïa et 500 m au NW de Ghardaïa dans l'Oued Méhaiguène, diminue progressivement vers le Sud, et n'est plus que de 200 m au Djebel Hèche et de 70 m à El Goléa. Ceci l'amène à conclure que l'« Ordovicien n'a pas atteint le Hoggar et que les Grès inférieurs des Tassilis sont presque entièrement situés dans le Cambrien ». Si la découverte récente de faunes ordoviciennes vient maintenant tempérer ce jugement, il n'en est pas moins vrai que l'on constate un net amincissement des formations ordoviciennes vers le Sud. Ajoutons que l'érosion de la grande période de ravinement (entre les unités III et IV) a d'abord et surtout enlevé les formations supérieures, ce qui peut aussi expliquer en partie le fait que les unités attribuées au Cambrien sont actuellement mieux représentées que celles attribuées à l'Ordovicien, dans le Mouydir par exemple.

C'est pourquoi les corrélations avec les territoires pourtant plus proches de la bordure sud du synclinal de Tindouf sont encore plus délicates, car elles sont difficiles à raccorder avec les formations plus septentrionales de l'Anti-Atlas. P. GÉVIN (1958 [1957], 1960 [1958]) a subdivisé les grès infragotlandiens en deux formations séparées par une discordance cartographique, à savoir de haut en bas :

grès d'Aouinet Legraa (Ordovicien ?)
 oooooooooooooooooo discordance cartographique
 quartzites de Djebilet (Cambrien ?)

Il compare la formation inférieure à la série de l'Oumat el Ham, et la supérieure à la série de Garat el Hamoueïd. Toutefois, la présence, dans la série inférieure, de Brachiopodes du type *Camarotoechia* (s. l.) laisse planer, comme nous l'avons vu (p. 189), un doute sur cette interprétation. On pourrait également penser que les quartzites contenant ces empreintes appartiennent plutôt à l'Ordovicien. L'assimilation des quartzites de Djebilet à la série de l'Oumat el Ham est donc fortement contestable.

C'est surtout par l'étude des sondages pétroliers dans le nord du Sahara et par l'étude comparée des faunes nouvellement découvertes, que l'on pourra faire progresser sérieusement nos connaissances chronostratigraphiques sur le « Cambro-Ordovicien » du Sahara.

3° *Corrélations avec l'Afrique occidentale*

Si les corrélations avec le Maroc et l'Algérie sont possibles grâce à quelques données paléontologiques, les corrélations avec les formations sédimentaires infragotlandiennes de l'Ouest africain ne peuvent être fondées que sur des analogies lithologiques et sur des coupures stratigraphiques (discordances, lacunes de dépôt ou d'érosion). Autant dire qu'elles sont sans grande valeur. Les seuls « fossiles » connus pour l'instant sont des Stromatolithes (*Collenia* et *Conophyton*), des Scolithes, des Bilobites et des *Cruziana*, et, dans l'Adrar mauritanien, des Lingules.

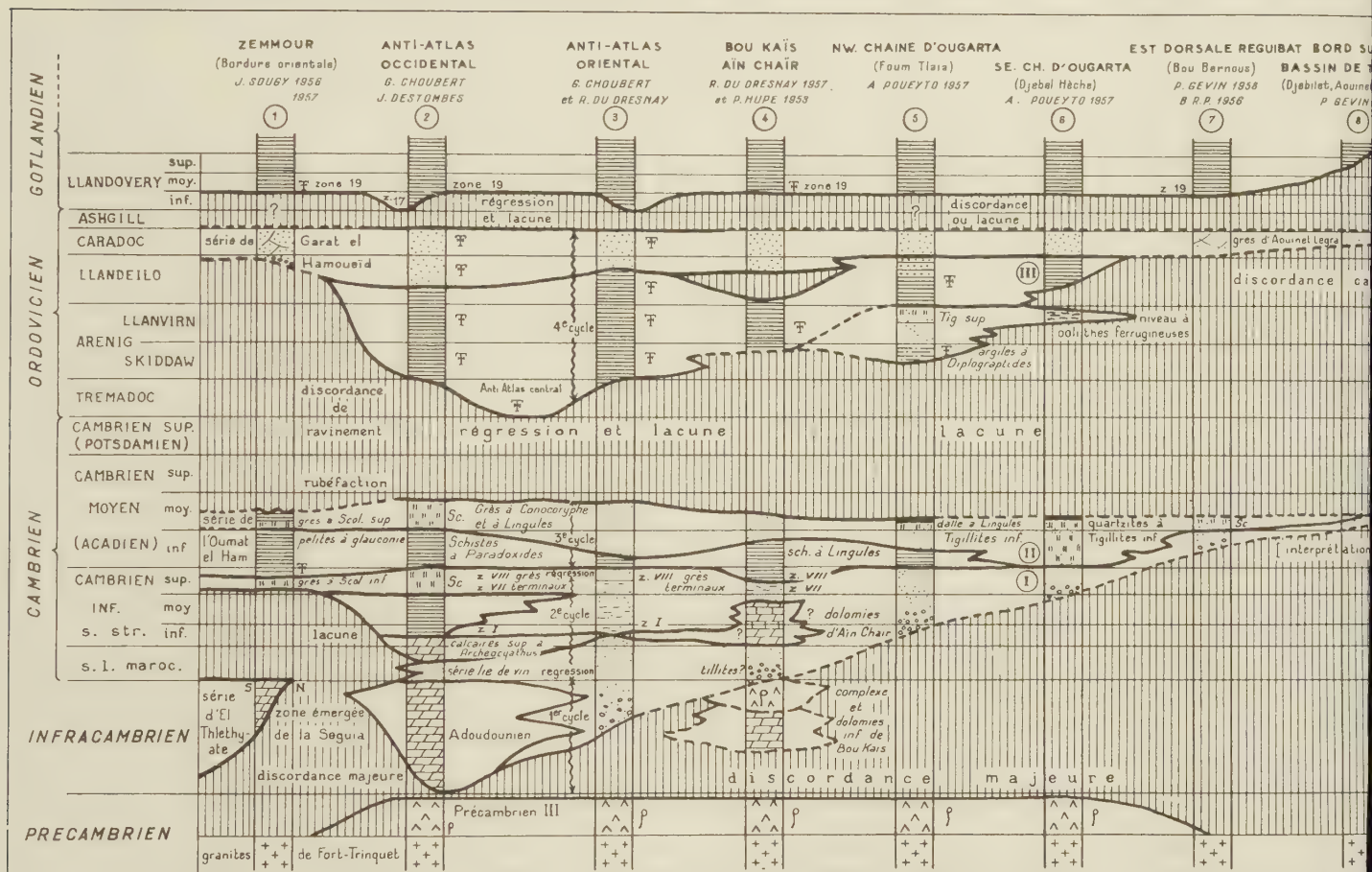
Parmi les travaux détaillés, en cours ou récemment parus sur ces formations, il faut citer principalement ceux de :

— *En Mauritanie et au Sénégal :*

S. ROUAIX	} pour le Hank et le synclinal de Taoudenni
C. SAINTON	
J. R. VILLEMUR	
G. ROCCI	} pour le Khat (entre l'Adrar et le Hank)
Th. MONOD	
J. DELPY	
C. BENSE	

pour l'Adrar Tmar
 pour l'Adrar Tmar et le Tagant
 pour le Tagant, l'Assaba et l'Affolé

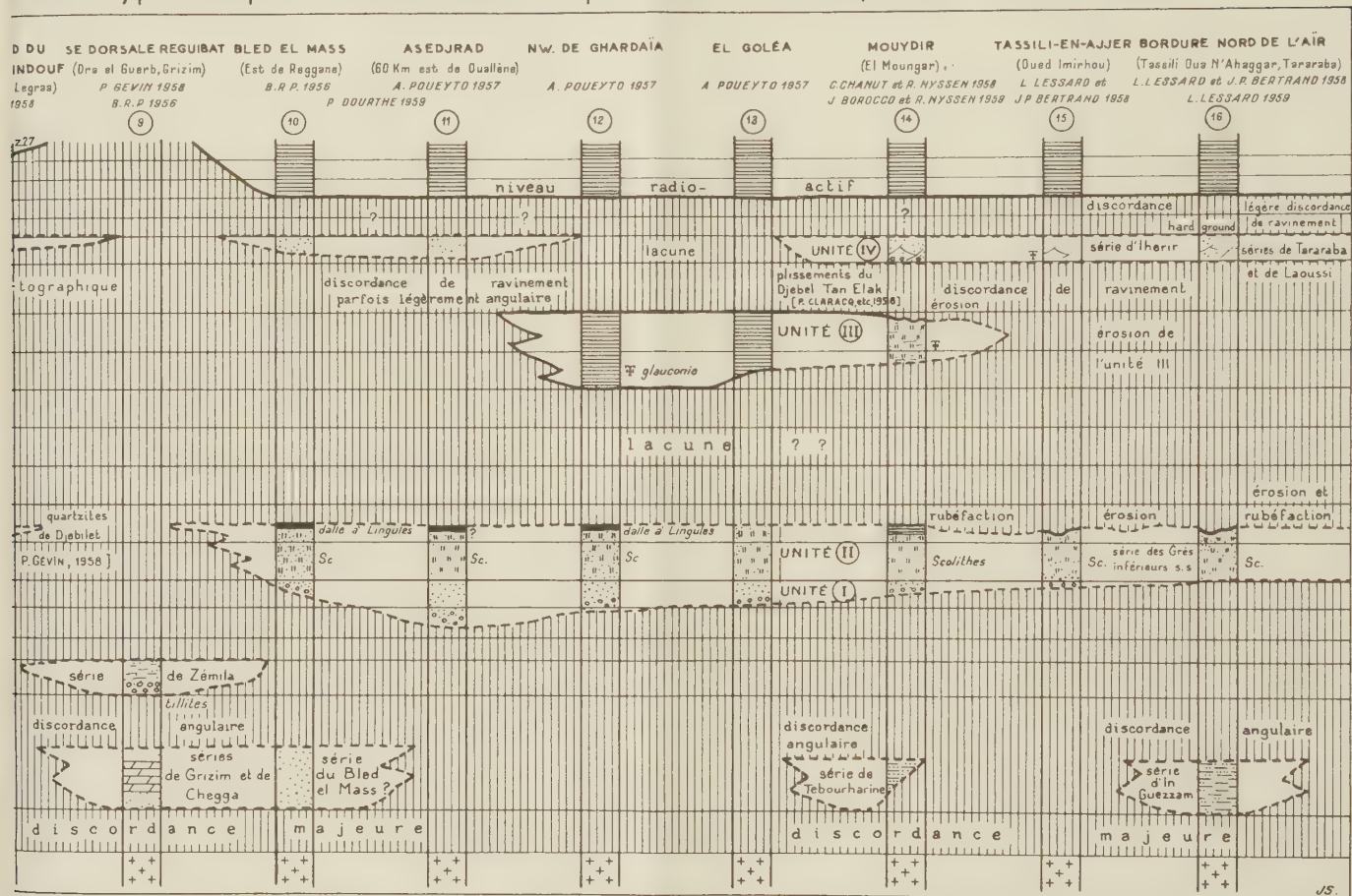
"CAMBRO-ORDOVICIEN" DU ZEMMOUR, DU SUD-MAROCAIN ET DU SUD-ALGÉRIEN



N.B. Etant donné la cadence rapide des nouvelles découvertes au Sahara, et le caractère secret de nombreuses données, un tel schéma est d'érosion qui n'apparaissent pas dans les corrélations de coupes ou de sondages, et notamment la lacune (connue au Maroc) du Cambrien (B.R.P., etc., 1959). Le schéma est chronostratigraphique, et par conséquent il n'est pas tenu compte de la puissance des terrains, hypothétique sont en tireté. La dalle à Lingules a été placée au toit de la série cambrienne par analogie avec le Maroc. On pourr

FIGURE

Essai hypothétique de corrélation d'après les travaux publiés avant 1960



obligatoirement inexact et provisoire. Son but essentiel est de mettre en valeur les lacunes de sédimentation et les périodes en supérieur, qui sans être évidente, pourrait peut-être bien séparer les Unités II et III définies par les géologues pétroliers mais de la durée des dépôts, des lacunes et des érosions. Toutes les limites dont la position chronologique est arbitraire ou it également la placer, comme fait A. POUEYTO, au mur de la série ordovicienne.

L. RENAUD pour la vallée de la Falémé et le Brakna
 J. MARCHAND pour la région de Néma
 J.-P. BASSOT pour le Sénégal oriental
 M. ZIMMERMANN pour l'Adrar, le Sud mauritanien, le Sénégal oriental.

— Au Soudan :

R. DARS } pour les plateaux mandingues et la région de Bamako
 G. PALAUSI }
 J.-P. LAJOINIE } pour la région de Bobo-Dioulasso
 M. DEFOSSEZ } pour le Gondo et le Gourma (boucle du Niger)
 R. KARPOFF } pour la bordure orientale de l'Adrar des Iforas.

— Au Niger :

M. DEFOSSEZ }
 G. PALAUSI } pour la boucle du Niger
 H. RADIER }
 F. JOULIA } pour la bordure ouest et nord de l'Aïr.

(Voir ces noms dans la bibliographie).

Des corrélations hypothétiques ont déjà été maintes fois proposées, parmi lesquelles : F. JACQUET (1937), F. JACQUET et M. NICKLÈS (1937), M. ROQUES (1948), M. DEFOSSEZ, G. PALAUSI et H. RADIER (1957), R. DARS et J. SOUGY (1958 [1957]). R. FURON (1958 [1957], p. 249) a dressé l'historique de cette question. Bien que j'aie participé à de telles corrélations, il m'apparaît maintenant qu'elles sont hasardeuses et que, finalement, ce sont les idées de F. JACQUET (1937, p. 6) qui restent les plus claires. Cet auteur a subdivisé les formations comprises entre le « socle » et le Gotlandien en deux grands ensembles :

« Le Cambro-Ordovicien, série inférieure », qui est transgressif sur le cristallin et débute souvent par un conglomérat. C'est un complexe de grès, schistes et calcaires, comportant des calcaires dolomitiques à Stromatolithes.

« Le Cambro-Ordovicien, série supérieure », débute par un conglomérat (conglomérat argilo-calcaireux de L. BAUD, 1933, vraisemblablement une tillite), qui *ravine la série inférieure très érodée*, suivant l'expression même de F. JACQUET et se poursuit par un niveau de dolomie à barytine, par des jaspes, des grès à Scolithes, des horizons à Lingules (Dakhlet Kelchi) et des grès massifs que recouvre le Gotlandien.

Ces ensembles comportent tous les deux des calcaires à Stromatolithes; ceux-ci ne sont donc pas « caractéristiques » du premier ensemble, puisqu'on les retrouve, mais moins bien développés, à la base du deuxième.

Dans l'Adrar, Th. MONOD (1952a) décrit une série absolument continue. Pour F. JACQUET au contraire, le conglomérat de Jbeilat marque la base du deuxième ensemble. Il ne fait guère de doute qu'il existe une discontinuité importante dans cette région, comme il ressort de la carte dressée par Th. MONOD lui-même. (Voir à ce sujet les remarques de R. DARS et J. SOUGY, 1958 [1957] et de P. GEVIN, 1958). Dès 1937, F. JACQUET dessinait déjà la série grésocalcaire de base discordante sous la falaise du grand Dhar d'Atar. Plus récemment les géologues de la Conorada Oil Corporation, I. Mc PHEE, D. D. ANDERSON et G. MURET (1958) ont précisé la position de cette coupure : les argiles à blocs de Jbeilat (C_{12} de l'échelle de Th. MONOD), beaucoup plus largement développées que ne le laisse supposer Th. MONOD (1952a), sont à la base du deuxième ensemble qui repose, en légère discordance angulaire, sur le groupe d'Atar, comportant la majeure partie des calcaires à Stromatolithes. Seuls viendraient au-dessus des « tillites » les calcaires des Agmeïminat (C_{13}), suivis par une importante série schisto-gréseuse débutant par des phthanites (C_{14}) et comportant vers le haut des schistes lie-de-vin (fig. 43).

Ce deuxième ensemble débute donc par un conglomérat d'origine vraisemblablement glaciaire, qui se retrouve dans le Sud-mauritanien à Kiffa, au Sénégal à Kidira (R. DARS et J. SOUGY, 1958 [1957], p. 228; J.-P. BASSOT et J. DELPY, 1960), au Soudan à Kayes et jusqu'au Sud de Kita. Les découvertes de galets striés par C. BENSE (1959a) à Boutinguiss au SE de Bouly, et par F. TESSIER à Niamiga (région de Kayes) et dans la région d'Atar (*com. orale*) confirment la nature glaciaire de ce conglomérat. Cette tillite est surmontée sur une très grande étendue par un banc de calcaire

dolomitique repère, suivi de jaspes et de phtanites. Cette « trilogie » tillite-dolomie-jaspe, à la base de la série, pourrait avoir une signification climatique : climat froid avec un intermède plus chaud par exemple. Elle est, pour le moins, fort caractéristique.

D'après des observations récentes des géologues de la SAP (1), les calcaires à *Collenia* de Kanamakounou que nous avons assimilés à ce banc calcaire qui surmonte la tillite (R. DARS, J. SOUGY, F. TESSIER, 1957) ne feraient pas partie du même ensemble, mais seraient nettement plus anciens, donc devraient être rattachés au premier ensemble défini par F. JACQUET. Effectivement, les calcaires de Kanamakounou ne contiennent pas de barytine; ils ont un aspect quelque peu différent, les Stromatolithes y sont mieux développés, et l'on ne peut observer en ce point la formation sous-jacente.

Au-dessus de cette trilogie assez généralisée et qui n'est pas sans rappeler la base des séries de Zémila et de Fersiga (B.R.P., 1956) dans la région de Grizim - Bir Ould Brini, viennent des grauweekes (grès chamois) et des schistes (C. BENSE, 1959a) et de nouveaux bancs calcaires; puis des formations de pélites rouges. On passe alors à des formations gréseuses qui contiennent parfois des Scolithes. Jusqu'à maintenant le passage ne semble pas marqué par de grandes coupures.

Dans la région d'Atar, il semble, d'après les descriptions de Th. MONOD (1952a, p. 139 et Pl. VI, fig. 1) qu'il existe une autre coupure entre les grès de Zli et les grès du Tamga (cf. J. SOUGY, 1956, p. 111). Une coupure du même genre a été décrite à Bamako entre les grès de Sotuba et les grès de Koulouba par R. DARS (1957); mais au Soudan les grès inférieurs pourraient appartenir au premier ensemble de F. JACQUET, ce qui faciliterait leur assimilation aux grès glauconieux situés sous les calcaires à Stromatolithes de Bobo-Dioulasso (G. PALAUSI, 1958), et sous la série dolomitique d'Irma (M. DEFOSSEZ, 1958).

Ces remarques tendent donc à établir pour tout ce domaine ouest-africain une stratigraphie schématique et *hypothétique* qui pourrait être la suivante, de haut en bas :

Gotlandien

ooooooooo *lacune ?* oooooooooo

grès massifs à stratification entrecroisée (Tamga)

ooooooooo *transgression ou discordance* oooooooooo

grès variés à Scolithes et à Lingules (Zli, Oujeft)

complexe schisto-gréseux comportant des niveaux rouges, des jaspes et des phtanites

banc de calcaire dolomitique à barytine
tillite

} trilogie
très constante

ooooooooo *discordance sur une série érodée et parfois plissée* oooooooooo

série gréseuse, schisteuse et calcaro-dolomitique, comportant des niveaux à Stromatolithes (Kanamakounou, Atar, etc.).

On voit ainsi que ce schéma diffère de celui que j'ai proposé avec R. DARS en 1957. La différence réside surtout dans l'existence sous la série de Koniakari d'une autre formation dont nous évoquions l'existence, la série « zéro », et le report dans cette série des calcaires à Stromatolithes inférieurs d'Atar et de ceux de Kanamakounou.

Si maintenant on veut tenter quelques timides corrélations, il semble bien que ce soit, en l'absence de faune, la tillite qui puisse le mieux nous le permettre : elle peut être la conséquence d'un climat suffisamment généralisé pour avoir permis, par exemple, le transport de blocs par des glaces flottantes. On peut alors admettre des corrélations basées sur deux hypothèses :

1° Les argiles à blocs ou tillites qui sont surmontées d'un banc dolomitique datent d'une même période de refroidissement généralisé, suivie d'une période de réchauffement.

(1) Société Africaine des Pétroles, Dakar. Voir la note de M. ZIMMERMANN (1960), parue postérieurement à la rédaction de ce travail.

2° Ces phénomènes glaciaires sont contemporains des conglomérats supposés glaciaires de Bou Kaïs et par suite, si l'on en croit P. HUPÉ et R. DU DRESNAY (1953) et P. HUPÉ (1958 [1957]), contemporains de la série lie-de-vin de l'Anti-Atlas (extrême base de la série géorgienne s. l. du Maroc).

Sous cette couverture générale de tillites, apparaissent des formations plus anciennes, riches en calcaires et dolomies à Stromatolithes (de Grizim, du Hank à Chegga et à El Mgheiti, du Khat, d'Atar, etc.).

La série débutant par des dépôts glaciaires viendrait après une longue période marquée en certains points par des plissements et en d'autres tout au moins par une forte érosion. Les phénomènes glaciaires seraient très étendus puisqu'on les suppose dans l'Est-marocain, et qu'on les connaît à Grizim, à El Mgheiti, à Atar, dans le Sud-mauritanien, au Sénégal, au Soudan jusqu'à Kita, et vraisemblablement en Gold Coast (Voltaïen) et en Sierra Leone. Sauf en Gold Coast (Ghâna), on ne connaît pas pour l'instant avec certitude de tillites superposées comme c'est le cas au Congo Belge; ceci confirme l'idée d'une seule période froide vraiment généralisée. De toute façon, les autres conglomérats que l'on songe à attribuer à des tillites (R. DARS, 1960) ne sont pas suivis d'un banc dolomitique repère.

Cette même série passe vers le haut, sans doute parfois en continuité d'après C. BENSE et J. DELPY (Assaba, Tagant), à des formations gréseuses à Scolithes par l'intermédiaire de formations rouges dont font peut-être partie les argiles rouges du Kreb en Naga au Sud du Hank (S. ROUAIX, C. SAINTON, J. R. VILLEMUR, 1952; J. R. VILLEMUR, 1960). Vers le haut, les grès contiennent fréquemment des Scolithes.

Enfin, après ces formations, vient une dernière série essentiellement gréseuse, à grandes stratifications entrecroisées, se marquant dans la topographie par de grandes falaises verticales. Il s'agit des grès supportant les formations gotlandiennes repérées en Guinée, dans le Charaniya, dans le Tamga et à Tinioulig.

Comment insérer le Zemmour dans un tel schéma ? L'extrême ressemblance des *Conophyton* du Zemmour et de ceux d'Atar, présentant les uns comme les autres cette symétrie bilatérale de la variété *jacqueti*, m'incite à penser que les calcaires d'Atar (série inférieure jusqu'au C 11 de Th. MONOD) peuvent être comparés à la série d'El Thlethyate.

Aucune formation ne vient rappeler au Zemmour la trilogie tillite-carbonate-jaspes et les ensembles schisteux et rouges qui les surmontent. Cette succession semble correspondre à la grande lacune que nous avons définie dans le Zemmour entre l'Infracambrien et le Cambrien inférieur terminal. Au Maroc, nous avons vu que cette période pouvait correspondre au dépôt de la série lie-de-vin et des calcaires à *Collenia* et *Archaeocyathus*, et au Maroc oriental à des formations conglomératiques glaciaires (?) puis gréseuses.

La suite de cette série est constituée de grès à Scolithes. Ces grès pourraient être approximativement contemporains des grès à Scolithes cambriens (fin du Géorgien et Acadien) du Zemmour et du Nord-Sahara. La présence de Scolithes et de Lingules dans les grès de Zli (Adrar Tmar) n'est toutefois pas un argument suffisant pour qu'on puisse l'affirmer : on pourrait également, à la suite de Th. MONOD (1952a) et de J. DELPY (1959a), les situer dans l'Ordovicien. Enfin, les grès du Tamga seraient l'équivalent des grès infra-gotlandiens que l'on rencontre sur tout l'ensemble du Nord-Sahara. Les grès de Garat el Hamoueïd correspondraient aux grès du Tamga, de Koulouba, Bandiagara, Garémi, etc., et pourraient être attribués à l'Ordovicien ou à l'extrême base du Gotlandien.

Il faut se garder de prendre à la lettre les idées précédemment exposées. Elles n'ont qu'une valeur purement indicative. Il semble qu'on puisse surtout en dégager l'idée que là comme dans les autres territoires envisagés, l'importance des lacunes est primordiale. Il semble que toute la série de Koniakari (débutant par la trilogie tillite-dolomie-jaspes), si étendue sur toute l'Afrique occidentale, soit absente du Zemmour (lacune de sédimentation ou érosion ?).

L'étude des différents conglomérats et la détermination de leur origine glaciaire sera très importante pour la suite des recherches; l'irrégularité de la tillite dans l'Adrar et sa disparition dans le Khat, une partie du Hank, et le Zemmour, pourraient s'expliquer par la présence d'une grande zone émergée qui aurait fourni le matériel transporté dans toutes les zones où s'est déposée

cette tillite, matériel constitué par du Précambrien cristallin et par les roches calco-gréseuses du premier ensemble. La présence de formations rouges (Assaba, Adrar Tmar, Kreb en Naga, Sud-marocain) semble aussi avoir un grand intérêt et mériterait d'attirer plus particulièrement l'attention des géologues. Dans le Zemmour, rien n'existe actuellement de ces formations. La transgression n'a débuté que beaucoup plus tard, vers la fin du Cambrien inférieur.

Par ailleurs, la comparaison de la série de Garat el Hamoueïd avec la dernière unité (les grès du Tamga à stratification entrecroisée), sous le Gotlandien daté, est également séduisante. Cependant remarquons que dans l'Adrar Tmar le Gotlandien daté ne débute qu'au Wenlock supérieur (D. LE MAÎTRE, 1952c) avec les grès d'Aïoun Lebgar, si bien que les grès du Tamga peuvent également être attribués au Gotlandien inférieur. Toutefois J. DELPY (1959c) a signalé, au Gleïb Twarachit, entre ces deux formations, une coupure qui peut s'interpréter comme une discordance de ravinement, et qui, pour cet auteur, confirme l'attribution de la première à l'Ordovicien.

Enfin signalons que les études de R. KARPOFF (1947, 1960) sur l'enveloppe sud, est et nord-est de l'Adrar des Iforas et de F. JOULIA (1959) sur la bordure nord-ouest et nord de l'Aïr, permettent de faire la liaison entre le domaine ouest-africain et le Sahara algérien, en rejoignant les observations de L. LESSARD. Toutes les formations grésodolomitiques semblent s'arrêter à l'Ouest de l'Adrar des Iforas, et ne pas, ou tout au moins ne plus être représentées au Sahara central. Comme au Sahara algérien, le Paléozoïque débute plus tard, au Cambrien (?) peut-être, avec des formations gréseuses à Scolithes, grossières à la base (grès de Timesguar), puis plus fines vers le haut (grès d'In Azaoua). F. JOULIA a observé là, comme dans tout le Nord du Sahara, une discordance de ravinement séparant ces séries gréseuses de grès supérieurs azoïques recouverts par un Gotlandien transgressif à *Climacograptus rectangularis*.

Les corrélations avec les régions plus méridionales (Boucle du Niger, Ghâna, Sierra Leone, Guinée) nous paraissent prématurées. On se reportera au brillant travail de R. DARS (1960) qui fait le point des travaux du Paléozoïque inférieur de toutes ces régions.

C. — COMPARAISON AVEC LES FORMATIONS PALÉOZOIQUES INFÉRIEURES D'AUTRES RÉGIONS DU MONDE

En de nombreux points du globe, on retrouve des successions lithologiques analogues à celles que nous avons trouvées sur la plateforme du NW de l'Afrique :

- 1° des séries dolomitiques à Stromatolithes,
- 2° des séries schisto-gréseuses débutant par des épisodes glaciaires,
- 3° des formations du Cambrien inférieur daté.

On rencontre par exemple les formations à dominance dolomitique au Groënland (Eleonor Formation), dans la division dolomitifère inférieure (Sparagmite) en Suède et en Norvège, dans les dolomies à Stromatolithes du Riphéen de Sibérie, et dans les dolomies à Méduses et *Collenia* de l'Adelaïde system en Australie.

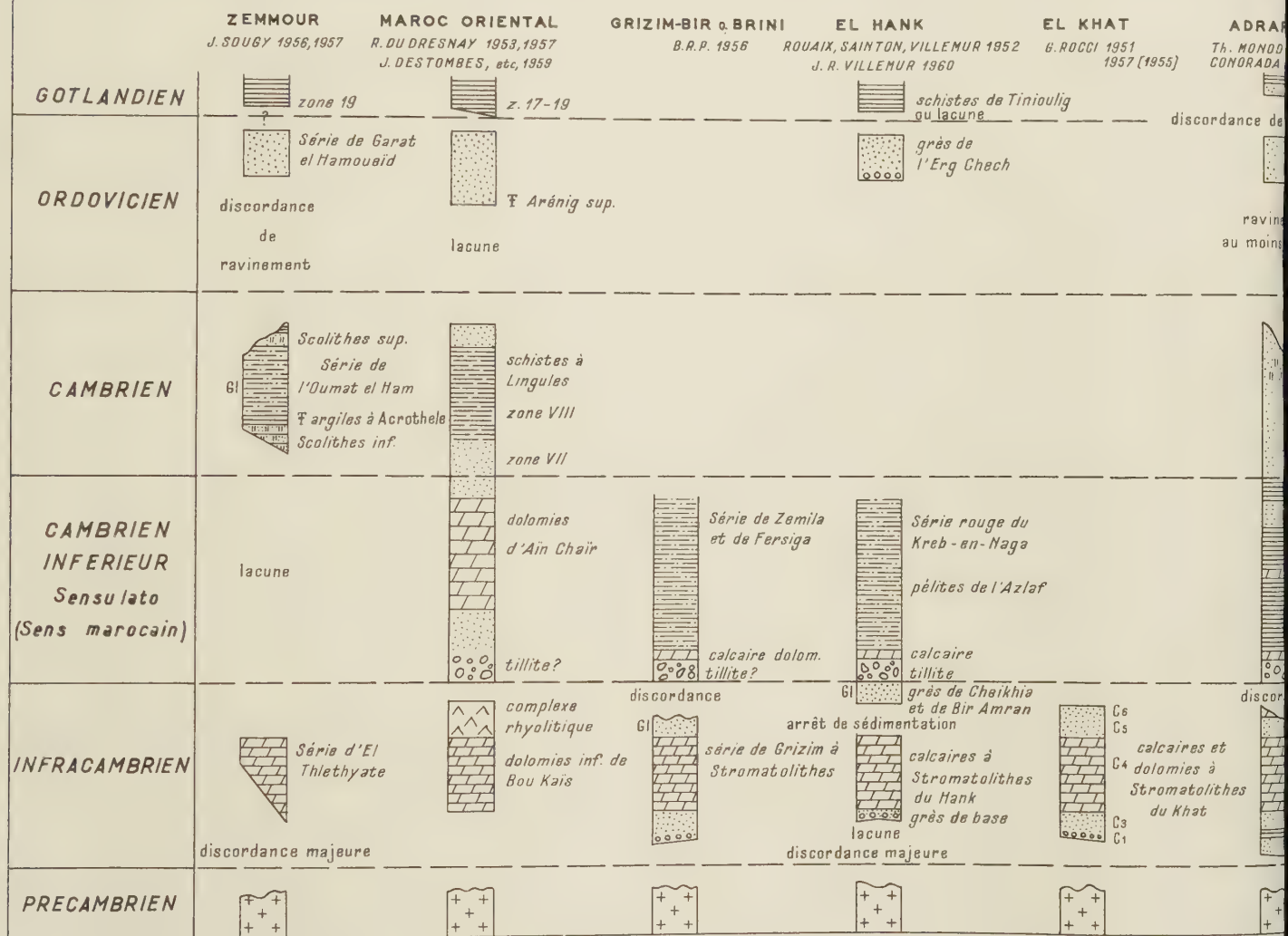
D'une façon générale, ces formations sont superposées aux formations détritiques de type jotnien.

En de nombreux points, on rencontre, au-dessus de ces formations carbonatées, des formations glaciaires (tillites, varves) : l'Eocambrien, au sens restreint de B. ASKLUND, en Scandinavie, la Cape Oswald formation au Groënland oriental, les tillites de Granville et de Saint-Germain d'Ectot en Normandie, etc. En certains endroits, le passage semble continu entre les formations dolomitiques et les formations glaciaires. Au contraire, en d'autres, au Finnmark par exemple, les tillites sont transgressives, voire même nettement discordantes sur les formations dolomitiques.

P. HUPÉ (1958 [1957]) compare ces niveaux glaciaires à la série lie-de-vin, dans laquelle il voit également une manifestation glaciaire.

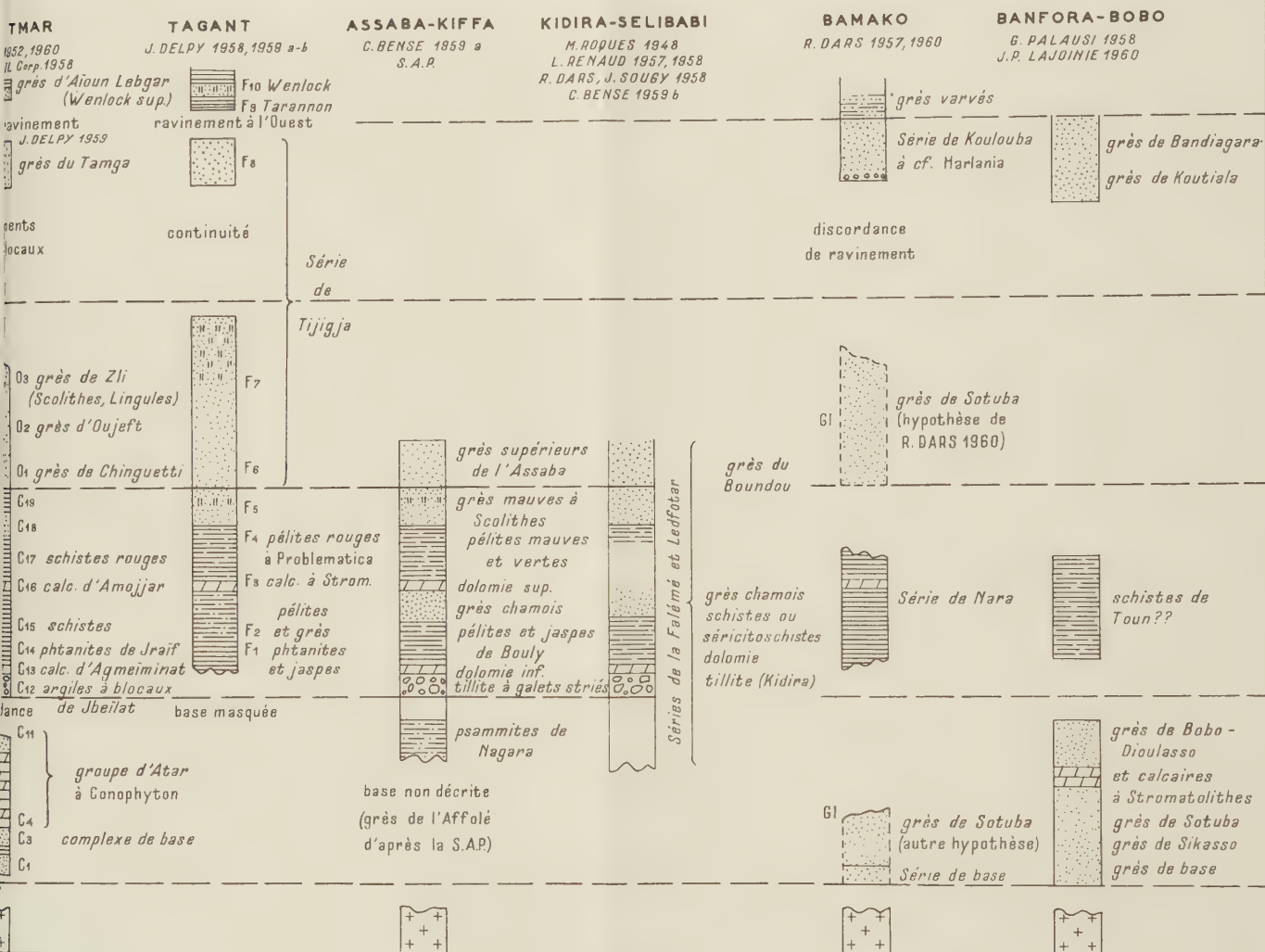
Pour les raisons que nous avons exposées plus haut, il est tentant de rattacher les tillites d'Afrique occidentale et de Zémila à cet ensemble de manifestations glaciaires. Les phénomènes de

CORRELATIONS HYPOTHETIQUES DES SERIES PALEOZOÏQUES INFRA-GOTLANDIENNES D'AFRIQUE



FIGURE

OCCIDENTALE, DU ZEMMOUR ET DU MAROC ORIENTAL (d'après les travaux antérieurs à 1960)



glaciation auraient alors un caractère très généralisé comme le pense G. et H. TERMIER (1957). Aucune trace de cette période n'apparaît jusqu'ici dans le Zemmour, qui, comme nous l'avons dit, appartenait peut-être à une zone fournissant le matériel, plutôt qu'à une zone où il s'accumulait apporté par les glaces flottantes. Ainsi pourrait s'expliquer la grande lacune que nous avons indiquée au Zemmour.

Ces formations glaciaires sont surmontées par des ensembles généralement schisto-gréseux (Quartzite series de Scandinavie; Tillite Canyon formation du Groënland) avec parfois des épisodes calcaires.

Ces ensembles, également azoïques, sont recouverts à leur tour par le Cambrien inférieur *sensu stricto* où apparaissent les premiers Trilobites connus, d'abord au Maroc, puis en Sibérie, puis au Groënland et en Scandinavie (environ zone IV du Maroc). On est frappé à la lecture des différents articles du Symposium sur le Cambrien (Mexico, 1956) par la fréquence au Cambrien inférieur des faciès analogues à ceux que nous avons décrits dans la série de l'Oumat el Ham : schistes et grès à *glauconie*, présence fréquente du phosphate (Groënland, Grande Bretagne, Scandinavie, U.S.A., etc.); les grès à Scolithes sont présents sur toutes les plateformes péricontinentales, y compris les zones subsidentes, mais non profondes. Les Scolithes, sans être en aucune sorte caractéristiques du Cambrien inférieur, prennent à cette époque un développement véritablement extraordinaire.

Ces analogies étroites ne sont évidemment valables que dans des conditions de profondeur comparables, c'est-à-dire dans les zones stables ou plus ou moins subsidentes des mers épiconinentales. Ce type de dépôt passe en continuité, mais assez brusquement, à des dépôts géosynclinaux le plus souvent schisteux (géosynclinaux du NE du Groënland, géosynclinal calédonien de Grande Bretagne et de Scandinavie, géosynclinal mésogéen, entre la Montagne Noire et le Maroc, etc.). Peut-être faudra-t-il ajouter à ces géosynclinaux bien connus un géosynclinal ouest-africain en bordure de l'Atlantique, si l'on démontre que les puissantes formations métamorphiques schisto-quartzitiques de la Basse Mauritanie, du Sénégal et de la Guinée sont en partie, comme le suggère leur position structurale, l'équivalent géosynclinal et métamorphique des formations sédimentaires tabulaires situées plus à l'Est.

Par ailleurs, la lacune très générale du Cambrien supérieur (Potsdamien) semble se retrouver également dans tout le NW de l'Afrique et en particulier au Zemmour. C'est à cette période que nous avons attribué une partie de l'hiatus séparant les séries de l'Oumat el Ham et de Garat el Hamoueïd.

En résumé, même si, en l'absence de fossiles, il est impossible de rattacher de façon certaine la stratigraphie du Paléozoïque inférieur du Nord de l'Afrique à celle du reste du monde, on est obligé de constater une similitude frappante dans la succession des faciès : puissantes séries schisto-gréso-dolomitiques, séries schisto-gréseuses débutant par des phénomènes glaciaires (Eocambrien supérieur) et se poursuivant par un Cambrien inférieur souvent caractérisé par des formations schisto-gréseuses glauconieuses à Scolithes. Le NW de l'Afrique, et le Zemmour en particulier, ne font pas exception à cette succession qui apparaît très générale. Il faut d'ailleurs remarquer que presque chaque époque a eu son faciès de prédilection : les schistes noirs du Gotlandien, les lumachelles calcaires brunes du Dévonien, les calcaires jaune clair du Jurassique, les grès glauconieux du Crétacé inférieur... Il serait toutefois dangereux d'ériger en principe cette notion du « faciès caractéristique » !

DEUXIÈME PARTIE

LE GOTLANDIEN

INTRODUCTION

A. — HISTORIQUE

La découverte du Gotlandien (1) fossilifère dans l'Ouest du synclinal de Tindouf et notamment dans le Zemmour est due à F. JACQUET, lors de sa traversée du Nord de la Mauritanie, de Tindouf à Bir Mogrein, par Bir el Halou, Tfareti et El Rgheoua. Jusqu'alors le Gotlandien était inconnu sur le flanc sud du bassin de Tindouf. Sur ses Carnets de route 23 et 24, cet auteur signale le Gotlandien dans l'Oued el Hamra, et en plusieurs points du Zemmour, notamment dans les régions de l'Oumat el Ham, de l'Oumat Chaggag et près de la Daïa Bouziane.

Il a indiqué cette découverte du Gotlandien dans une note à l'Académie des Sciences (1936) : le Gotlandien, écrit-il, est constitué de « calcaires fétides à *Orthoceras* et *Graptolites* » qui « reposent sur des grès massifs ». Un peu plus tard (1937), il note que ce faciès calcaire est différent du faciès schisteux habituel au Sahara. Les calcaires à *Graptolites* et *Orthocères* qu'il a échantillonnés sont conservés au Laboratoire de Géologie du Muséum de Paris (2). Il semble bien que F. JACQUET n'ait trouvé de *Graptolites* que dans la partie calcaire du Gotlandien (à *Monograptus priodon*) et qu'il n'ait pas observé les schistes à *Graptolites*, où les espèces sont plus variées mais moins bien conservées. Ses coupes du Paléozoïque mentionnent plusieurs bandes de Gotlandien, qui sont figurées sur sa carte au 2 000 000^e publiée par N. MENCHIKOFF et M. NICKLÈS (1942, p. 67).

Plus tard, M. ALIA MEDINA (1949b, p. 303) confirme l'existence du Gotlandien dans des régions voisines, en zone espagnole. Dans un autre ouvrage (1949a, p. 41 et fig. 2, p. 48), il donne une coupe du Gotlandien située au Nord d'El Rgheoua (Er Guegua, dans la transcription espagnole) entre ce massif « cambro-ordovicien » et l'Oued Tadaïeght (Tadayest). La coupe est la suivante, de haut en bas :

6. schistes jaunâtres et verdâtres stériles
5. calcaires bleus fossilifères du Gotlandien
4. schistes sombres
3. grès feuilletés
2. grès-quartzites rapportés à l'Ordovicien
1. granites du Yetti avec roches éruptives formant des dykes.

Dans les calcaires bleus, M. ALIA MEDINA a récolté la faune suivante, figurée dans le même ouvrage (Pl. 21 et 24) : *Rhynchonella borealis* SCHLOTHEIM, *Cardiola interrupta* BRODERIP, *Orthoceras*

(1) Cet ouvrage ayant été partiellement imprimé avant le XXI^e Congrès géologique international de Copenhague, il n'a pas été possible d'appliquer la décision de la Commission stratigraphique de ce congrès de supprimer l'emploi du terme Gotlandien au profit du terme Silurien, comme il a toujours été d'usage dans les pays anglo-saxons. Le terme Gotlandien est donc ici synonyme de Silurien.

(2) Echantillons qui m'ont été aimablement communiqués par R. FURON.

repelitum BARRANDE, *Scyphocrinus elegans* ZENKER, *Pentacrinus* sp., mais il ne signale pas de Graptolites.

Cette coupe a l'intérêt de montrer que sous ce Gotlandien calcaire bien daté, il existe, au-dessus des grès-quartzites du « Cambro-Ordovicien », un niveau de schistes de couleur foncée. C'est là, semble-t-il, un faciès de schistes gotlandiens, mais non encore caractérisé par une faune de Graptolites.

Enfin j'ai donné (J. Sougy, 1951a) des coupes de Gotlandien de la zone mauritanienne du Zemmour, et précisé la position de nombreux affleurements sur une carte provisoire au 100 000^e (1953).

B. — ZONES D'AFFLEUREMENTS

Le Gotlandien envisagé ci-dessous comporte deux zones principales d'affleurements, dont seule la première a pu être étudiée en détail.

1° La zone orientale

Souvent monoclinale, cette zone est faiblement plissée au Nord en une sorte de synclinorium dans la région de la Kédia Leglaga. Elle se divise au Sud de l'Oued Leglaga en deux bandes synclinales distinctes, séparées par un anticlinal ordovicien.

Plus au Sud, à partir de l'Oumat el Ham, seule la bande orientale subsiste. Toutefois, en avant de l'Oumat Chaggag, vers l'Est, on retrouve une zone effondrée de Gotlandien. La bande que l'on suit depuis l'Oumat el Ham, passe à l'Ouest de l'Oumat Chaggag, puis disparaît, laminée par la tectonique dans le synclinal des Oudeï Askaf. Plus au SW, dans la région d'El Thlethyate, en zone espagnole, le Gotlandien réapparaît.

2° La zone occidentale

Tout le long de la bordure orientale de la chaîne de Dhlou, existent des affleurements de Gotlandien, mal visibles généralement. Ils n'ont pas été étudiés en détail, se trouvant dans la zone que je devais lever en 1956. Entre Douik el Akhdhar et Douik el Abiodh se trouvent également des anticlinaux qui font réapparaître le Gotlandien.

F. JACQUET signale un affleurement près de la Daïa Bouziane. Ceux que j'ai trouvés à l'Ouest du massif d'Aïdiat et à l'Est de Dhlou permettent d'affirmer l'âge « cambro-ordovicien » des puissants quartzites de la chaîne de Dhlou, sur lesquels ils reposent directement.

CHAPITRE I

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE

A. — DESCRIPTION DES COUPES

Avec le Gotlandien, apparaissent les premiers niveaux richement fossilifères. Les meilleurs affleurements, tant pour les faciès que pour les faunes, se trouvent au NE de la région étudiée (entre Gara Bouya Ali et Tighirt), où ils occupent d'assez grandes étendues. Toutefois la nature schisto-argileuse de la partie inférieure fait que la base est rarement visible, les alluvions des oueds recouvrant les schistes. La mesure des puissances est délicate, en l'absence d'appareil de mesure précis : en effet les niveaux schisteux n'affleurent pas et les niveaux calcaires forment de grandes surfaces structurales. Pour les deux premières coupes, on a utilisé les mesures d'épaisseur faites par la mission du B.R.P. On étudiera successivement trois coupes :

1° *Coupe à 11 km à l'Ouest de Gara Bouya Ali (Coupe F₂)*

On a là une coupe d'ensemble, riche en gisements fossilifères, et dont seule la base est masquée.

2° *Coupe du Guelb Sensal nord (Coupe E₂)*

C'est la coupe d'une butte témoin où l'on observe bien la base du Gotlandien schisteux et son contact avec le « Cambro-Ordovicien ».

3° *Coupe d'une petite butte témoin en bordure de l'Oumat el Ham, entre l'Oued Ezrayeb et l'Oued Belfaa (Coupe D₁₀)*

Cette coupe montre également la base du Gotlandien, cette fois dans la région où ont été faites les études de détail de la stratigraphie du « Cambro-Ordovicien ».

1° Coupe à 11 km à l'Ouest de Gara Bouya Ali
(Coupe F₂)

Cette coupe est une des plus belles et des plus complètes que l'on puisse faire dans la région. Malheureusement, la base en est masquée par un oued coulant vers le Nord, qui semble être le départ de l'Oued Tadayest cité par M. ALIA MEDINA (1949a, p. 41).

L'endroit où s'observe le mieux la partie supérieure de la coupe, et en particulier ses gîtes fossilifères, se trouve en un point où les couches ne sont pas régulièrement monoclinales (voir plan de situation de la fig. 44). La coupe est compliquée par un petit synclinal de calcaires grésos-silteux plus récents. C'est pourquoi elle sera présentée en deux sections distinctes, interrompues par ce synclinal de formations plus jeunes.

On y observe de haut en bas :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₂ : Description des niveaux	Ech.
29	0,1 m	25	Premier banc de calcaire grésos-silteux chamois en plaquettes, azoïque, alternant avec des bancs de schistes.	
28	5 m	24	Schistes argileux un peu silteux, riches en matières carbonacées, noirs, à empreintes de petits Lamellibranches (<i>Avicula glabra</i>) et à Graptolites rares (<i>Monograptus</i> cf. <i>priodon</i> ?) mal conservés.	552 553
27	0,5 m	23	Banc calcaire constitué presque uniquement par des lolithes jointifs de <i>Scyphocrinus elegans</i> .	548 548 bis
26	5 m	23	Calcaire à entroques, en miches, à quartz bipyramidés, à passées gypseuses, très fossilifère, à <i>Favosites</i> sp. e.g. <i>fidelis</i> , grands Lamellibranches (<i>Panenka bohémica</i>), Gastéropodes déroulés (<i>Platyceras anguis</i> , Pl. sp.), Orthocères et surtout <i>Scyphocrinus elegans</i> .	547 à 551
25	6 m env.	22	Schistes argileux pélitiques gris, à passées gypseuses, à fines empreintes de Polypiers (<i>Favosites</i> sp. e.g. <i>fidelis</i>) et de grands Lamellibranches (<i>Leptodesma</i> cf. <i>carens</i> et <i>Avicula</i> cf. <i>scala</i>).	544 545
24	(1 m)	21	Partie terminale des calcaires à entroques (équivalent du niveau 22).	
23		22-25	La coupe est interrompue par un synclinal dont le cœur est constitué de terrains plus récents : calcaire grésos-silteux en plaquettes à patine rousse.	
22	10 m env.	21	Calcaire à entroques gris noir, à patine bleue, à odeur fétide, grumeleux en surface, riche en Orthocères annelés (<i>Orthoceras</i> cf. <i>bohemicum</i>) et surtout en débris de tiges de <i>Scyphocrinus elegans</i> . Ce niveau contient fréquemment des quartz limpides bipyramidés pouvant atteindre 3 cm.	
21	9 m env.	20	Alternance de bancs calcaires bleu noir à <i>Orthoceras</i> et <i>Monograptus priodon</i> , et de calcaires argileux un peu plus tendres.	
20	1 m	20	Calcaire à patine bleue, à petits Orthocères se débitant loge par loge, et à très gros Orthocères.	

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₂ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
19	3 m	20	Schistes argileux à Graptolites rares et indéterminables, avec des passées de gypse et quelques rares miches calcaires.	
18	0,5 m	20	Calcaire à patine bleu noir, à Orthocères, en retrait de la falaise.	
17	1,5 m	20	Gros banc formant corniche de calcaire bleu noir, à odeur fétide, à Orthocères abondants, certains énormes, et à <i>Monograptus priodon</i> (moins fréquent qu'au niveau 8).	
16	5 m	19	Argiles gypsifères, gypse, ocre jaune et ocre rouge, tous entremêlés.	
15	4 m	19	Eboulis masquant des gypses très probables avec quelques intercalations de calcaire, d'ocre et d'argile.	
14	0,3 m	18	Calcaire argileux schistoïde plus ou moins en miches, à petits Orthocères très effilés.	
13	1,5 m	18	Intercalation de gypse.	
12	0,3 m	18	Calcaire argileux, plus ou moins en miches, schistoïde, à <i>Monograptus priodon</i> .	
11	1,5 m	18	Intercalation de gypse.	
10	0,3 m	18	Banc de calcaire à <i>Orthoceras</i> .	
9	2 m	18	Intercalation de gypse.	
8	0,2 m	18	Banc de calcaire en miches, à <i>Cardiola interrupta</i> , à <i>Orthoceras</i> peu abondants et à <i>Monograptus priodon</i> très abondants.	
7	3 m	18	Schistes silteux grumeleux en fines plaquettes.	
6	0,3 m	17	Calcaire à patine bleu noir, à cassure grise, passant progressivement vers le bas au gypse du niveau 5.	
5	0,4 m	17	Banc gypseux à petites « Rhynchonelles » également en gypse (<i>Retzia baylei</i> et <i>Camarotoechia</i> sp. e. g. <i>nucula</i>), à <i>Cornulites</i> sp. et à <i>Orthoceras</i> .	
4	3 m visibles	16	Schistes argileux noirs, un peu micacés, à passées un peu silteuses, riches en matières carbonacées, à rares empreintes d' <i>Avicula</i> et à faune de Graptolites : <i>Monograptus lobiferus</i> , <i>M. sedgwicki</i> , <i>M. cf. runcinatus</i> , <i>Climacograptus scalaris</i> var. <i>normalis</i> , <i>Rastrites peregrinus</i> .	542
3	27 m environ	16 ?	Zone probablement schisto-argileuse, occupée par un oued sableux.	
2	0,3 m	15 bis	Petit banc de grès à patine noire.	
1		15	Dernières dalles de grès-quartzites du « Cambro-Ordovicien » (série de Garat el Hamoueïd).	

Cette coupe de Gotlandien débute donc par une séquence schisteuse (argiles indurées) à Graptolites; elle se poursuit par un ensemble essentiellement gypseux dans lequel apparaissent les premières intercalations de calcaires à Orthocères et à *Monograptus priodon*; la suite est essen-

tiellement calcaire, avec apparition des encrinites à *Scyphocrinus elegans* dans la moitié supérieure seulement. La formation se termine par des schistes à empreintes de Lamellibranches, avec des intercalations de miches calcaires, et notamment le banc curieux constitué de lobolithes jointifs, mais libres entre eux. L'ensemble est très fossilifère, les Graptolites n'étant abondants que dans la partie inférieure.

Les faunes seront discutées plus loin (voir p. 243), mais la présence (rare) de Graptolites dans le niveau 28 indique que le Gotlandien monte bien au moins jusqu'à ce niveau.

La coupe détaillée peut se résumer par le tableau suivant, où l'on trouvera la correspondance des niveaux locaux avec la numérotation du tableau stratigraphique IV :

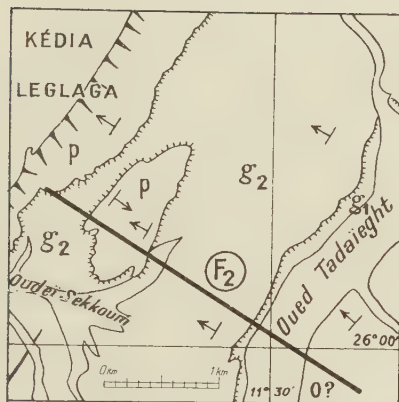
Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₂ : Description des niveaux
23 et 29	—	25	Calcaires grés-silteux à patine chamois.
28	5 m	24	Schistes argileux à petits Lamellibranches (<i>Avicula glabra</i>).
26-27	5,5 m	23	Calcaires en miches à lobolithes, à <i>Panenka bohémica</i> et <i>Acroculia anguis</i> .
25	6 m	22	Schistes argileux à grands Lamellibranches (<i>Avicula</i> cf. <i>scala</i>).
22 et 24	10 m env.	21	Calcaire à entroques bleu noir, à <i>Orthoceras bohemicum</i> (Orthocère annelé) et <i>Scyphocrinus elegans</i> .
17 à 21	15 m	20	Calcaires fétides bleu noir à Orthocères lisses et à <i>Monograptus priodon</i> .
15 à 16	9 m	19	Argiles, gypses et ocre azoïques.
7 à 14	9 m	18	Calcaires fétides bleu noir à Orthocères, <i>Cardiola interrupta</i> et <i>Monograptus priodon</i> , en bancs alternant avec des niveaux gypseux.
5 à 6	0,7 m	17	Calcaire gypseux à petites « Rhynchonelles ».
3 à 4	30 m env.	16	Schistes argileux noirs à Graptolites.
1 à 2	—	15	Grès-quartzites (« Cambro-Ordovicien »).

L'ensemble fait donc une puissance de l'ordre de quatre-vingt-dix mètres. Il faut noter toutefois que la puissance des schistes à Graptolites ne peut être déterminée avec précision.

2° Coupe du Guelb Sensal Nord

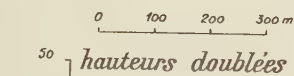
(Coupe E₂)

Lorsqu'on se dirige des Gour Lemdeïlbeh vers Tighirt, on rencontre deux bandes de Gotlandien, séparées par un anticlinal de grès « cambro-ordoviciens ». La première de ces deux bandes appartient au synclinal d'Aguel el Fiadh; la deuxième est la bande monoclinale qui s'enfonce



Croquis de position

Coupe (F₂) : Coupe du Gotlandien à 11°



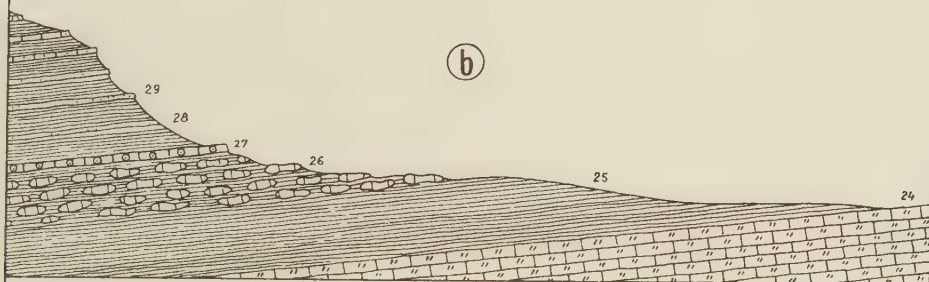
50 hauteurs doublées

WNW
KÉDIA LEGLAGA

Oudeï Sekkoum



WNW



20
15
10
5
0 m

0 m 10 20 30 40 50 m

hauteurs doublées

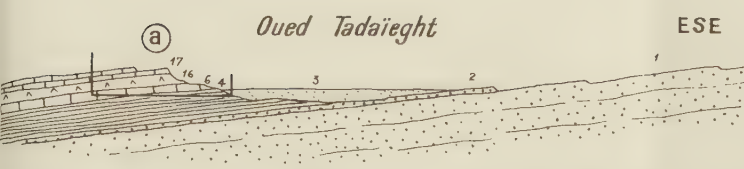
21

22

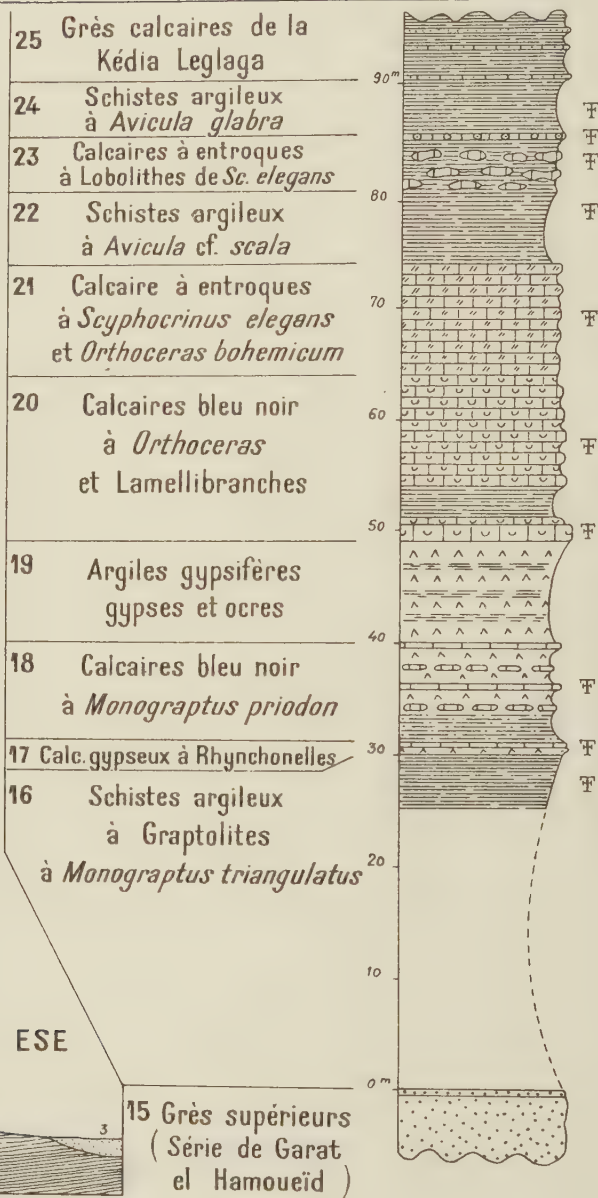
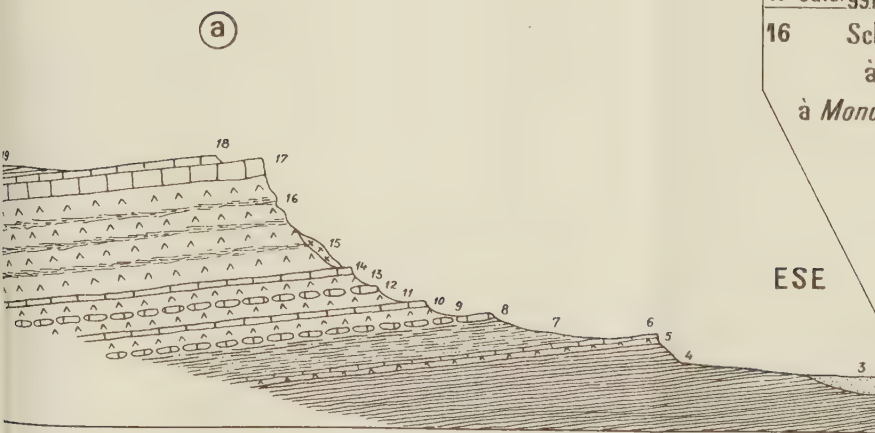
21

20

m à l'Ouest de Gara Bouya Ali



Épaisseurs d'après les Logs du B.R.P.



sous le Dévonien de Tighirt. C'est à cette deuxième bande qu'appartiennent les Guelb Sensal. Certains Regueibat dénomment ainsi une série de buttes rouges et bleues à mi-chemin entre les Gour Lemdeilbeh et Tighirt; ces buttes ont une hauteur de commandement d'environ 45 m au-dessus des bras de l'Oued Fiadh el Hach.

La plus méridionale de ces buttes est attaquée, sur son flanc est, par un bras de cet oued descendant de l'anticlinal auquel il est fait allusion plus haut. L'oued a enlevé en ce point la totalité des schistes gotlandiens, mettant à nu la surface de contact entre ces schistes et les grès-quartzites du sommet du « Cambro-Ordovicien » (série de Garat el Hamoueid). C'est un des rares points où l'on puisse voir aussi bien le contact entre les deux formations. La coupe détaillée de la butte se présente de la façon suivante (fig. 45) :

Niv.	Puissance	Réf. c. s.	Coupe E ₂ : Description des niveaux	Ech.
22	0,3 m	25	Calcaire grés-silteux gris, azoïque macroscopiquement, à microdébris et esquilles de Crinoïdes, Brachiopodes, Eo-ptéropodes, Ostracodes et « micro-organisme à deux loges » (1).	21696
21	3 m	24	Schistes argileux azoïques.	
20	0,5 m	23	Calcaire bleu noir à odeur fétide, constitué de lobolithes pratiquement jointifs de <i>Scyphocrinus elegans</i> plus ou moins écrasés, avec <i>Panenka bohémica</i> , <i>Platyceras anguis</i> , <i>Pl. sp.</i> et Orthocères.	21645
19	20 m env.	22	Schistes argileux noirs ou bariolés, à passées gypseuses, à quartz bipyramidés, avec des miches calcaires à la base.	
18	5 m ?	21	Calcaire à entroques (<i>Scyphocrinus elegans</i> très abondant).	

Cette partie terminale de la coupe est séparée du reste (voir coupe d'ensemble de la fig. 45), aussi la puissance totale des calcaires à *Scyphocrinus elegans* n'a-t-elle pu être qu'approximativement estimée à 6 m. La partie inférieure de la coupe est la suivante :

17	1 m	21	Calcaires à entroques bleu noir à petits Orthocères se débitant loge par loge et à <i>Scyphocrinus elegans</i> .	21526
16	0,5 m	20	Argiles gypseuses.	
15	0,3 m	20	Banc de calcaire bleu noir relativement pur, à odeur fétide, à Lamellibranches (<i>Panenka sp.</i>), Gastéropodes (<i>Platyceras sp.</i>) et Orthocères.	21644 536 535
14	2 m	20	Gypse probable.	
13	1,5 m	20	Banc, formant la corniche principale, de calcaire à patine bleue, cassure grise et odeur fétide, à Orthocères et <i>Monograptus priodon</i> .	
12	10 m	20	Alternance de bancs calcaires (0,20 m), bleu noir, à <i>Camarotoechia sp. e.g. borealis</i> et Orthocères, avec des bancs d'argiles plus ou moins gypseuses.	
11	5 m	19-20	Alternance de bancs gypseux et ocreux et de bancs, de plus en plus abondants vers le haut, de calcaire bleu noir fétide à Orthocères, souvent en miches.	21525 21524

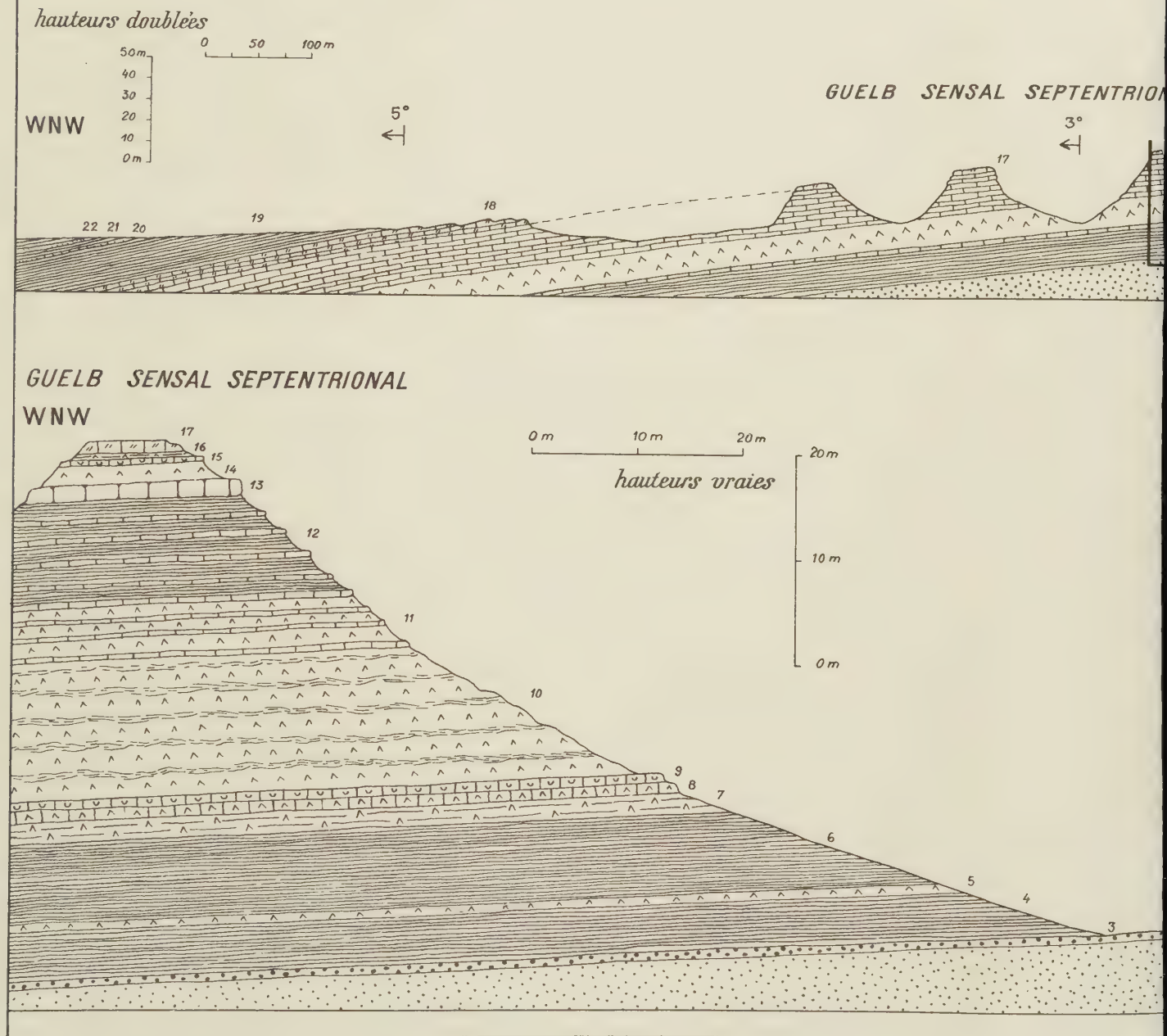
(1) Les débris fossilifères observés au microscope sont toujours donnés dans l'ordre d'abondance et non pas dans l'ordre d'évolution comme c'est le cas pour les macrofaunes.

Niv.	Puissance	Réf. c. s.	Coupe E ₂ : Description des niveaux (suite)	Ech.
10	13 m	19	Gypse, parfois légèrement calcaire, rouge, jaune ou brun, avec des intercalations d'ocre rouge, des efflorescences de soufre et des lits argilo-gypseux, d'où un aspect souvent rubané.	21522
9	1 m	18	Premier banc de calcaire bleu noir à <i>Camarotoechia</i> sp. e. g. <i>borealis</i> , Orthocères et <i>Monograptus priodon</i> .	21521
8	1 m	17	Banc de calcaire magnésien gypseux à matières organiques carbonacées, un peu argileux, à petites « Rhynchonelles ».	21520
7	2 m	16	Schistes argileux à passées gypseuses.	21519 21518
6	8 m	16	Schistes argileux légèrement micacés et silteux, à <i>Monograptus triangulatus</i> , donnant par altération superficielle des schistes « confettis » bleu ciel.	
5	0,1 m	16	Petit niveau de gypse.	
4	5 m	16	Schistes argileux noirs un peu micacés, à traînées un peu silteuses, un peu carbonacés (sans être de véritables ampélites), à efflorescences de soufre; à faune de Graptolites récoltée à environ 1 m au-dessus du niveau 2, comportant : <i>Monograptus triangulatus</i> , <i>M. lobiferus</i> , <i>M. limatulus</i> , <i>M. tenuis</i> , <i>M. gemmatus</i> , <i>M. sedgwicki</i> , <i>Climacograptus rectangularis</i> , <i>Diplograptus</i> (<i>Glyptograptus</i>) <i>tamariscus</i> , <i>Retiolites</i> (<i>Plegmatograptus</i>) <i>obesus</i> .	21517 534
3	1 à 2 mm		Contact du Gotlandien sur le grès ordovicien (?); la surface du grès est couverte d'un enduit jaune de soufre.	21516
2	0,5 m	15	Grès-quartzite assez grossier gris clair, à matériel probablement éolien, à traces de Vers.	21516
1		15	Grès-quartzite blanc (série de Garat el Hamoueid).	

Cette coupe permet de compléter la coupe F₂ par une meilleure observation de la partie inférieure. Les schistes à Graptolites ont ici une puissance d'une quinzaine de mètres et sont richement fossilifères, surtout vers la base. Assez différente dans le détail de la coupe F₂, la coupe du Guelb Sensal lui est tout à fait comparable lorsqu'on regroupe les observations dans une coupe synthétique :

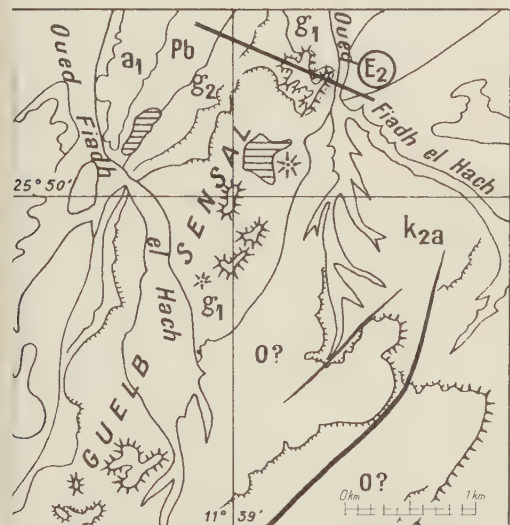
Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe E ₂ : Description des niveaux
22	—	25	Calcaire grésilo-silteux (faciès de la Kédia Leglaga).
21	3 m	24	Schistes argileux.
20	0,5 m	23	Calcaire à lobolithes de <i>Scyphocrinus elegans</i> .
19	20 m env.	22	Schistes argileux.
17-18	6 m	21	Calcaire à entroques bleu noir, à <i>Scyphocrinus elegans</i> .
11-16	19,3 m	20	Calcaire bleu noir à <i>Camarotoechia</i> sp. e. g. <i>borealis</i> , Orthocères et <i>Monograptus priodon</i> .

Coupe (E₂) : Coupe du Gotlandien du Guelb Sensal



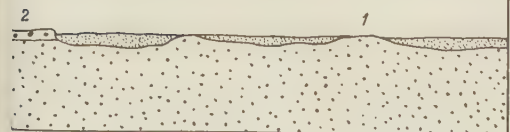
Septentrional

IAL bras SE de l'Oued
Fiadh el Hach ESE



Croquis de position

bras SE de l'Oued
Fiadh el Hach ESE



25 Grès calcaires et argiles

24 Schistes argileux

23 Calcaires à Lobolithes

22 Schistes argileux

21 Calcaires à entroques
à *Scyphocrinus elegans*

20 Calcaires bleu noir
à *Orthoceras*
et Lamellibranches

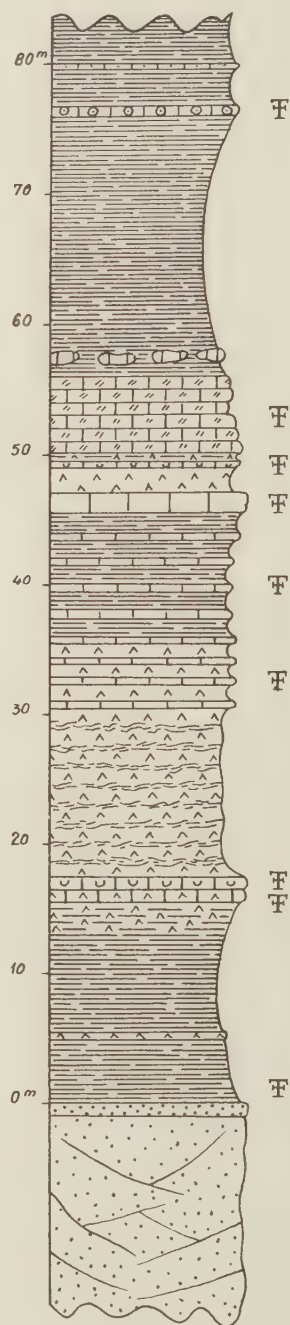
19 Argiles gypsifères,
gypses et ocres

18 Calcaire bleu à *Monograptus priodon*

17 Calcaire gypseux à Rhynchonelles

16 Schistes argileux à Graptolites
à *Monograptus triangulatus*

15 Grès supérieurs (Ordovicien)
série de Garat el Hamoueïd



Épaisseurs d'après les Logs du B.R.P.

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe E ₂ : Description des niveaux (suite)
10	13 m	19	Gypses, argiles gypsifères et ocre.
9	1 m	18	Calcaire à <i>Camarotoechia</i> sp. e.g. <i>borealis</i> , Orthocères et <i>Monograptus priodon</i> .
8	1 m	17	Calcaire magnésien gypseux à petites « Rhynchonelles ».
3-7	15 m	16	Schistes argileux noirs à Graptolites (faune à <i>Monograptus triangulatus</i>).
1-2	—	15	Grès-quartzites (« Cambro-Ordovicien »).
	79 m		

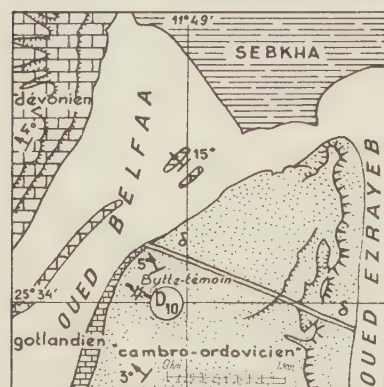
La puissance totale du Gotlandien, du niveau 3 au niveau 21, est donc de l'ordre de quatre-vingt mètres.

3° Coupe d'une petite butte témoin entre l'Oued Belfaa et l'Oued Ezrayeb (Oumat el Ham) (Coupe D₁₀)

Cette petite butte témoin isolée, de 9 m de hauteur, qui ne porte pas de nom, est un des rares points où l'on puisse observer une belle coupe de la base de la formation des schistes à Graptolites vers le Sud du secteur. En général, dans cette région, seuls les bancs calcaires apparaissent; les bancs plus tendres (schistes et gypses) sont masqués par des formations récentes comblant les zones déprimées. Comme le montre le croquis de situation de la fig. 46, cette butte minuscule repose sur un grand plateau légèrement incliné vers l'Ouest et constitué de grès « cambro-ordoviciens », contrefort occidental du massif de l'Oumat el Ham, entre l'Oued Belfaa et l'Oued Ezrayeb. La coupe se présente comme suit :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₀ : Description des niveaux	Ech.
6	0,6 m	18	Calcaire bleu noir, à odeur fétide, bourré d'Orthocères, se débitant en miches.	
5	0,4 m	18	Calcaire schistoïde bleu noir à <i>Camarotoechia</i> sp. e.g. <i>borealis</i> de grande taille.	2160
4	2 m env.	17	Gypse et argile gypseuse, plus ou moins masqués par les éboulis de la couche sus-jacente plus dure.	
3	6 m env.	16	Argile un peu micacée, à passées silteuses, gris verdâtre, avec quelques lits d'ocre rouge de 1 cm de puissance, et contenant une belle faune de Graptolites, récoltée notamment à 2 m au-dessus de la surface des grès; ce gisement a livré : <i>Monograptus triangulatus</i> , <i>M. triangulatus</i> var. <i>major</i> , <i>M. lobiferus</i> , <i>M. gemmatus</i> , <i>M. atavus</i> , <i>Rastrites peregrinus</i> , <i>Climacograptus</i> cf. <i>minutus</i> , <i>C.</i> cf. <i>scalaris</i> var. <i>normalis</i> , <i>Petalograptus palmeus</i> var. <i>latus</i> , <i>Retiolites</i> (<i>Plegmatograptus</i>) <i>obesus</i> . (Le contact avec les grès est masqué par des éboulis).	2159
2	0,2 m	15	Partie supérieure des grès, plus ferruginisés, à patine brun noir, semblant correspondre à une ancienne surface.	

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₀ : Description des niveaux (suite)	Ech.
1		15	Grès assez grossier (grains de l'ordre du millimètre), friable, très légèrement ferrugineux et calcaire, gris jaune clair, contenant de petits galets épars de quartz laiteux (jusqu'à 1 cm de diamètre), à très belle stratification oblique déversante vers le Nord.	



Croquis de position

Coupe D₁₀ : butte-témoin entre l'Oued Belfaa
et l'Oued Ezrayeb (Oumat el Ham)
montrant la base du Gotlandien

18 Calcaire à *Camarotoechia* sp.eg. *borealis*

17 Gypse

16 Argiles à *Monograptus triangulatus*

15 Grès supérieurs (Série de Garat el Hamoueid)

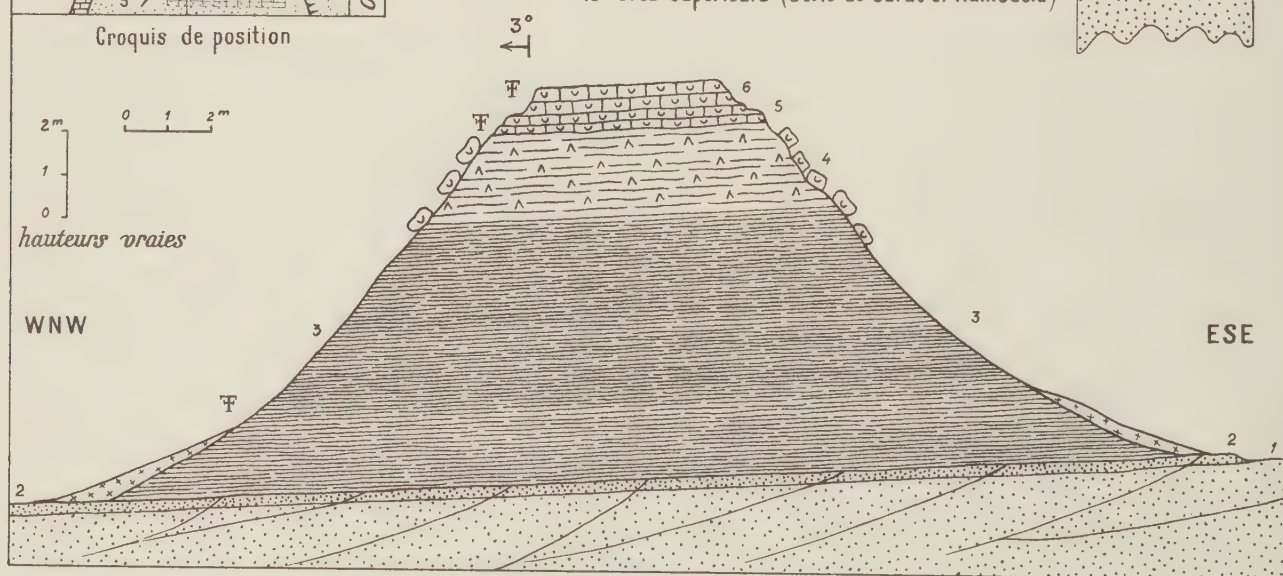
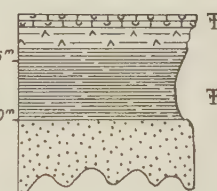


FIGURE 46

Bien qu'à cause des éboulis les schistes ne soient pas visibles sur toute leur hauteur, leur puissance ne peut être inférieure à 5 m, ni supérieure à 7 m. Ils sont ici plus franchement argileux que dans les coupes antérieures. La faune de Graptolites, analogue à celles des deux coupes précédentes, comporte en plus de très belles empreintes de *Petalograptus*. Le banc à petites « Rhynchonelles » n'a pas été retrouvé. Il semble donc qu'il faille rapporter le niveau calcaire riche en *Camarotoechia* sp. e.g. *borealis* au niveau à C. sp. e.g. *borealis* et *Monograptus priodon* (niveau 18 de la coupe synthétique).

A l'Ouest, et surtout au SW, on trouve dans l'Oued Belfaa de mauvais affleurements de calcaires bleu noir, fétides, à Lamellibranches (*Dualina secunda* et *Vlasta* sp.) et à Orthocères. Mais des mesures de puissance sont impossibles à réaliser, de petites failles hachant la formation.

4° Coupes et observations complémentaires

Bien d'autres points se prêtent à des coupes qu'il n'est pas possible de développer ici. Toutefois on indiquera les localités les plus intéressantes, ainsi que les observations complémentaires qui y ont été faites, à savoir du Nord au Sud :

a) La bordure sud de la Kédia Leglaga (feuille Gara Foug Gara)

Au Nord d'Aguel Leglaga, sur le pourtour d'une terminaison périantyclinale de grès ordoviciens (?), on observe tous les faciès du Gotlandien, dans des coupes comparables à la coupe F₂. En particulier, à la base de la falaise, affleure une partie des schistes à Graptolites, qui, très altérés, prennent une couleur bleu ciel. Ici les calcaires à entroques sont particulièrement riches en quartz bipyramidés limpides.

La fig. 47a illustre une de ces coupes, dans laquelle la succession est la suivante :

- 7 — calcaire bleu noir à entroques (*Scyphocrinus elegans*)
- 6 — bancs de calcaire bleu noir à Orthocères
- 5 — gros banc formant corniche de calcaire bleu noir fétide à *Cardiola interrupta*, Orthocères et *Monograptus priodon*
- 4 — interstratification de gypse et d'ocre jaune
- 3 — plusieurs petits bancs calcaires bleu noir
- 2 — gypse
- 1 — schistes bleu noir s'altérant en « confetti » bleu ciel.

b) Le synclinal d'Aguel el Fiadh (feuilles Gara Foug Gara et Tighirt)

Le synclinal d'Aguel el Fiadh s'étend de Maaziate à la Kédia Leglaga où il rejoint la bande monoclinale de Fiadh el Hach. Son flanc oriental présente de beaux affleurements de Gotlandien, dus à l'érosion de l'Oued el Fiadh.

1. — A 1,5 km au SE d'Aguel el Fiadh :

C'est en cette localité que le niveau à petites Rhynchonelles (niveau 17 de la coupe synthétique) a livré d'abondants *Cornulites* sp. (Pl. XXVII, fig. 17) associés à *Camarotoechia* sp. e.g. *nucula*. Comme le montre la fig. 47b₁, le gisement se trouve à la base de la falaise, dans les premiers bancs gypseux :

- 6 — bancs de calcaire bleu noir à Orthocères
- 5 — gypse
- 4 — banc calcaire à *Monograptus priodon* (éch. 419)
- 3 — gypse
- 2 — banc gypseux, un peu calcaire, à *Camarotoechia* sp. e.g. *nucula* et *Cornulites* sp. (éch. 420)
- 1 — gypse à *Camarotoechia* sp. e.g. *nucula*, juste au-dessus des schistes à Graptolites qui n'affleurent pas.

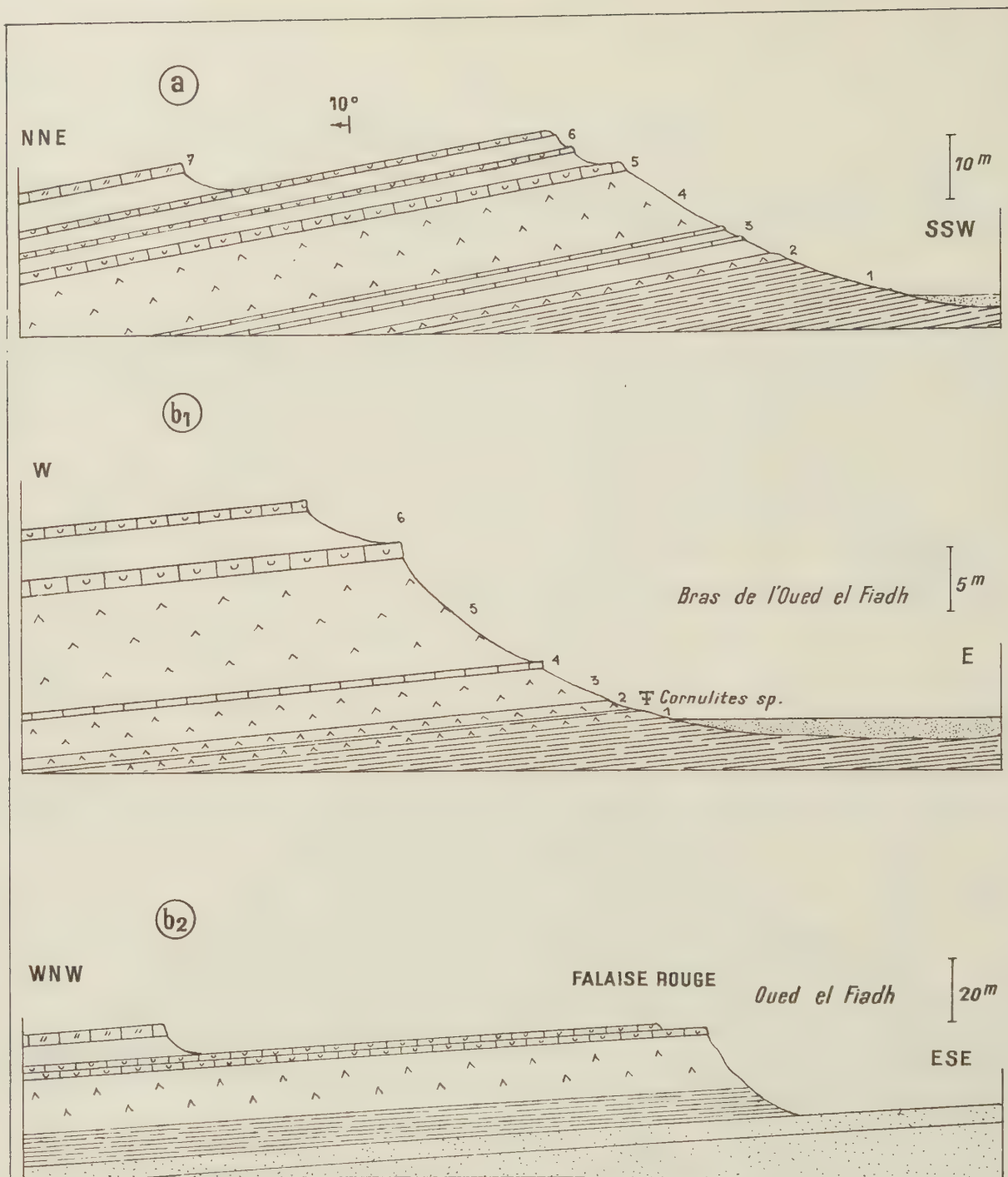
2. — A 3,5 km au Sud d'Aguel el Fiadh (falaise rouge) :

C'est en ce point que la falaise de gypse est la mieux marquée; elle présente, vue de loin, de belles teintes rouges dues à la présence de l'ocre. L'Oued el Fiadh a décapé le contact du Gotlandien sur les grès ordoviciens (?). En dehors de la coupe du Guelb Sensal nord, c'est un des rares points où le contact entre grès-quartzites ordoviciens (?) et schistes à Graptolites soit visible. Le contact est brutal et se fait sans conglomérat (fig. 47b₂).

3. — A 6 km au SSE d'Aguel el Fiadh :

Le flanc ouest du synclinal est beaucoup plus redressé, et l'on recoupe toute la série en moins de 100 m. Le niveau à lobolithes de *Scyphocrinus elegans* est ici particulièrement bien visible. On a la succession suivante (fig. 48b₃) :

- 16 — schistes
- 15 — calcaire grés-silteux à patine chamois
- 14 — calcaire bleu roux à Orthocères et lobolithes très abondants, associés à *Panenka bohémica* et *Platyceras anguis*
- 13 — calcaire noir, grossier, à petits Orthocères, à *Scyphocrinus elegans* et à quartz bipyramidés limpides
- 12 — schistes et gypse affleurant mal
- 11 — calcaire à entroques, bleu noir, à *Orthoceras bohemicum* et à *Scyphocrinus elegans*



GOTLANDIEN - COUPES ET OBSERVATIONS DIVERSES

(a) Gotlandien de la bordure sud de la Kédia Leglaga

(b) Gotlandien du synclinal d'Aguel el Fiadh

1 - à 1,5 km au SE d'Aguel el Fiadh

2 - à 3,5 km au Sud d'Aguel el Fiadh (falaise rouge)

FIGURE 47

- 10 — calcaire bleu noir à *Camarotoechia* sp. e.g. *borealis* et *Orthocères*
- 9 — gypse
- 8 — petit banc de 10 cm de calcaire bleu azoïque
- 7 — gypse
- 6 — calcaire bleu noir fétide à gros *Orthocères*
- 5 — gypse
- 4 — calcaire bleu noir fétide, à *Cardiola interrupta*, *Orthocères* et *Monograptus priodon*
- 3 — gypse et schistes affleurant mal
- 2 — grès-quartzites de l'Ordovicien (?), redressés et laminés
- 1 — pélites micacées vertes à glauconie (série de l'Oumat el Ham).

c) La butte témoin de Gara Foug Gara (feuille Gara Foug Gara)

Cette grande gara, qui domine nettement toute la région, est, comme son nom l'indique (1), une grande butte témoin reposant sur la falaise « cambro-ordovicienne », elle-même surélevée par un jeu de failles. Elle est constituée à sa base par du Gotlandien à léger pendage WNW, concordant avec les grès « ordoviciens » (?), et elle est coiffée par un témoin tabulaire de grès crétacés horizontaux, aux faciès analogues à ceux du massif d'Aidiata. C'est grâce à ce Crétacé que les faciès tendres de la base du Gotlandien ont pu être conservés à 4 km en avant du synclinal d'Aguelt el Fiadh (J. Soucy, 1959).

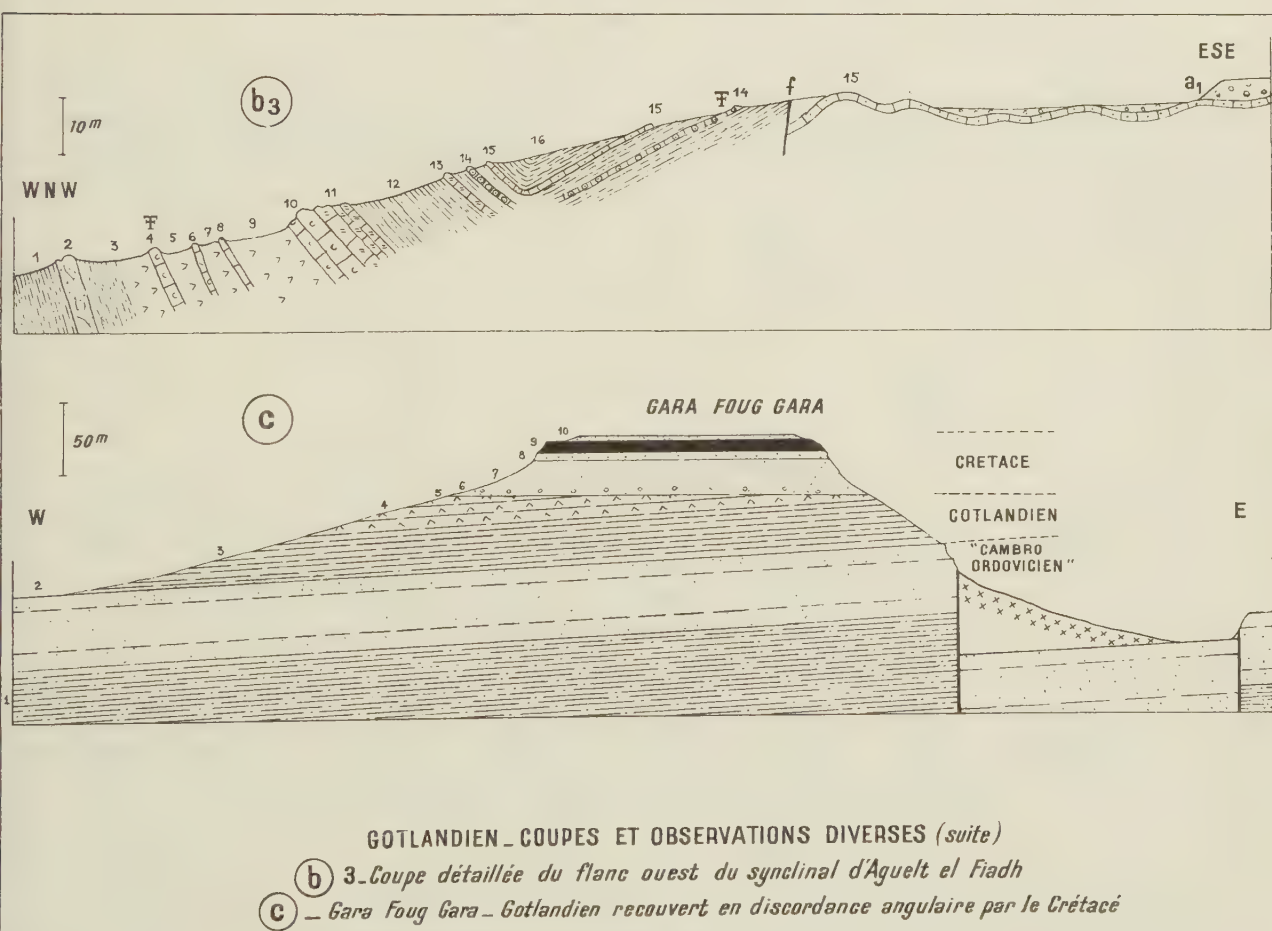


FIGURE 48

(1) de l'arabe *gara* : butte tabulaire, et *foug* : sur.

La coupe de la Gara peut ainsi se résumer (fig. 48c) :

10 — grès calcédonieux rose à aspect de quartzite	}	CRÉTACÉ
9 — porcelanite (chert argileux silteux) jaune		
8 — grès compact		
7 — grès silteux légèrement calcaro-dolomitique jaune crème, à aspect de loess		
6 — grès conglomératique légèrement carbonaté	}	GOTLANDIEN
5 — discordance masquée par des éboulis		
4 — gypse, ocre rouge et ocre jaune.		
3 — schistes argileux pélitiques noirs, devenant gris clair ou bleu ciel par altération (éch. 333)		
2 — grès « ordoviciens » (?) (série de Garat el Hamoueïd).	}	« CAMBRO-ORDOVICIEN »
1 — pélites et siltstones micacés verts à glauconie (série de l'Oumat el Ham).		

La discordance, bien visible de loin (Pl. IV, fig. 1) est masquée par des éboulis. Sur le flanc ouest de la butte, où le Gotlandien, par suite du pendage, est plus épais, il se peut qu'il existe des bancs calcaires; ils n'ont toutefois pas été observés, même dans les éboulis.

d) Le synclinal de l'Oumat Chaggag (feuille Bir Aïdiate)

Juste à l'Est du massif gréseux de l'Oumat Chaggag, il existe un large synclinal à cœur de Dévonien inférieur; les faciès calcaires du Gotlandien y affleurent largement. Mais les niveaux tendres (argiles et gypses) sont la plupart du temps masqués. Les estimations d'épaisseur y sont aléatoires, d'autant plus que les pendages sont parfois très forts, que le synclinal est haché de petites failles et que schistes et gypses ont pu être épaissis ou réduits tectoniquement en jouant le rôle de coussinet. Les géologues du B.R.P., qui ont fait des mesures au point 25° 23' 20" de latitude et 11° 51' 30" de longitude, ont attribué une puissance de 47 m à ces schistes, mesure qui me semble trop douteuse pour être prise en considération dans les corrélations.

On retrouve ici encore tous les faciès, dans leur succession habituelle (puissances d'après le log Z₅ du B.R.P.) :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Description des niveaux	Ech.
10	2 m	25	Grès-quartzite très fin, silteux, calcaire, finement lité, à lits ferrugineux, gris foncé, à rares Ostracodes, présentant sur le terrain des structures de « slumping ».	21740
9	22 m	24-26	Argiles plus ou moins silteuses, et gypse affleurant mal.	21739
8	0,2 m	23	Calcaire à lobolithes de <i>Scyphocrinus elegans</i> , à <i>Panenka bohémica</i> , <i>Platyceras</i> sp., <i>Acroculia anguis</i> et Orthocères.	
7	9 m	22	Argiles, à miches de calcaire bleu noir à Orthocères de grande taille.	
6	12 m env.	21	Calcaires à entroques bleu noir à <i>Orthoceras</i> cf. <i>bohemicum</i> et <i>Scyphocrinus elegans</i> .	21738
5	18 m env.	19-20	Alternance de schistes gypseux et de bancs de calcaire bleu noir à <i>Cardiola interrupta</i> et Orthocères.	21737
4	4 m ?	18	Calcaire feuilleté gris bleu à Orthocères et <i>Monograptus priodon</i> .	21736 21735
3	47 m ?	base de 18	Calcaire microcristallin jaune à Ostracodes.	21734
2		16-17	Argiles, schistes ou gypses n'affleurant pas.	
1		15	Grès-quartzites redressés (série de Garat el Hamoueïd).	

e) La chaîne de Dhlou

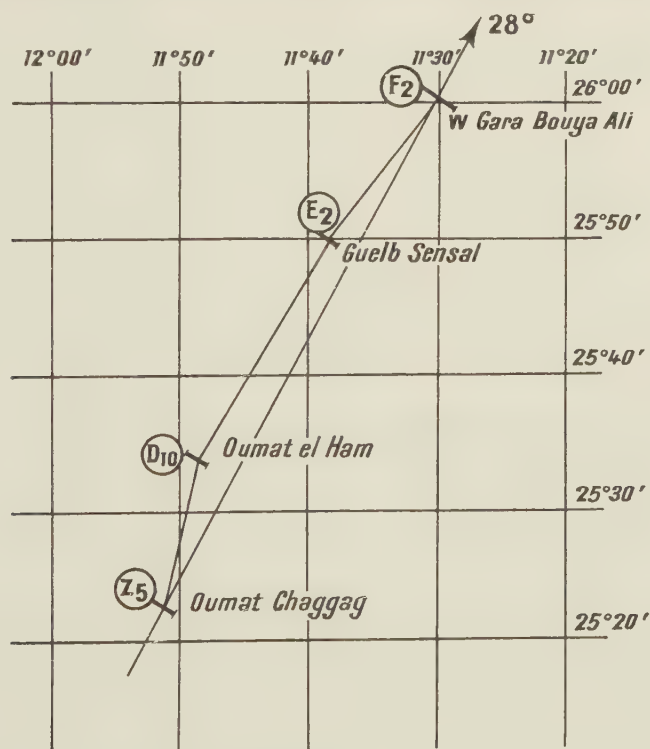
Je n'ai pas encore pu étudier en détail cette chaîne. Les affleurements de Gotlandien sont à rechercher le long de son flanc oriental. J'ai repéré notamment plusieurs d'entre eux dans l'angle nord-ouest de la feuille Bir Aïdiate, à l'endroit où la chaîne longe le bord occidental du massif créacé d'Aidiate; le plus beau se trouve aux petits oglats indiqués sur la carte (long. : $12^{\circ} 06' 15''$; lat. : $25^{\circ} 27' 35''$). Les affleurements sont mauvais et c'est uniquement des schistes et des encrinites à lobolithes de *Scyphocrinus elegans* qui ont été rencontrés (éch. 2122) (Pl. XXIX, fig. 3). Il n'est pas possible jusqu'à maintenant de dire si les faciès inférieurs, schistes à Graptolites, gypses, et calcaires sans Crinoïdes, existent toujours dans cette région. J'ai enfin observé du Gotlandien plus au Nord, au SE d'Aguel el Oudiate el Kebch, toujours à la bordure orientale de la chaîne de Dhlou. Il s'agit là encore de calcaires à lobolithes, d'argiles et de gypses.

Ces affleurements sont précieux, car ils démontrent de façon indubitable l'âge « cambro-ordovicien » des quartzites de Dhlou, situés au-dessous et cartographiés jusqu'à maintenant en Dévonien par les géologues espagnols.

B. — ESSAI DE SYNTHÈSE

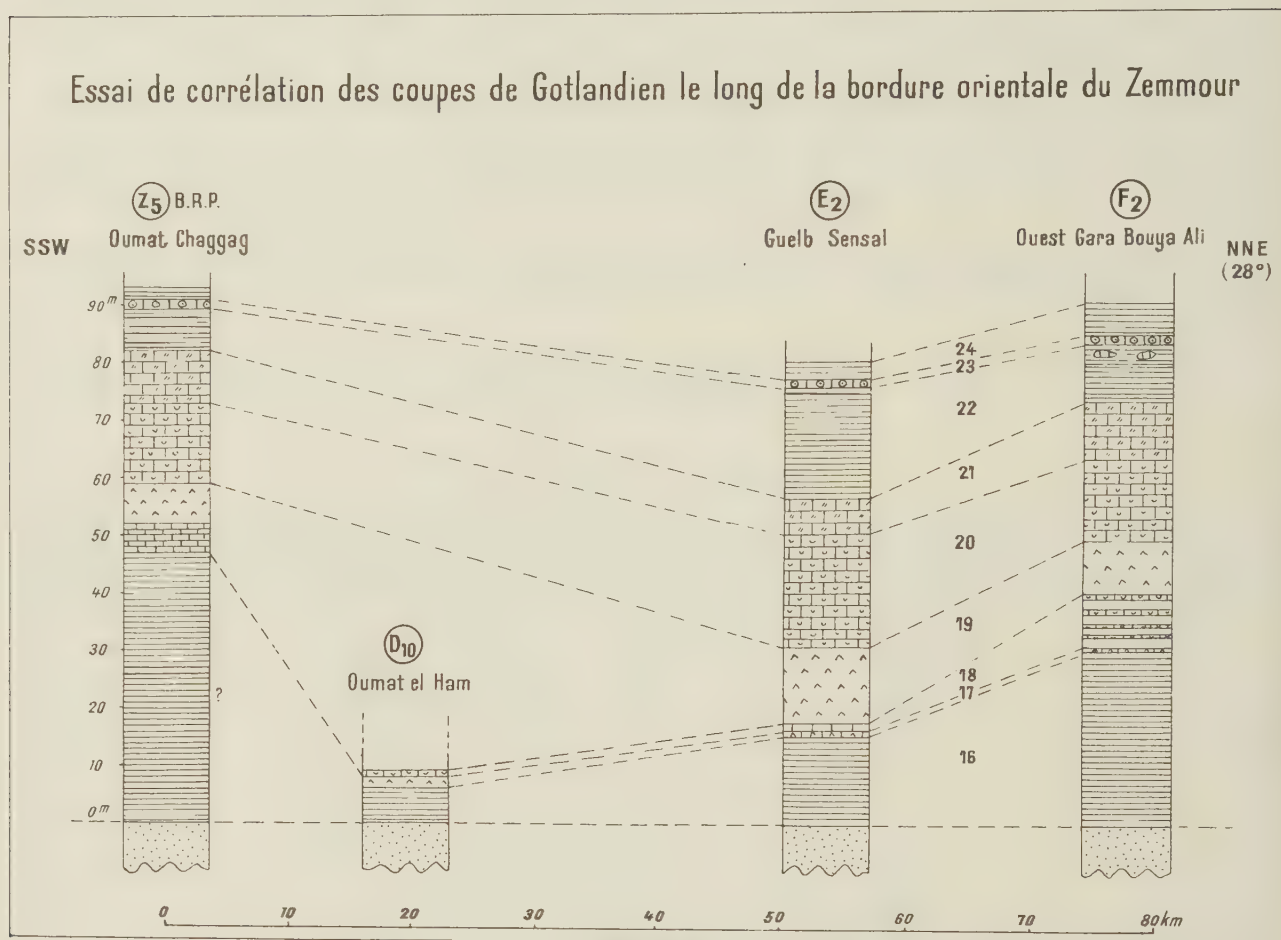
1° Corrélation des coupes étudiées

Sur la fig. 50 ont été reportés les logs des coupes détaillées D_{10} , E_2 et F_2 étudiées précédemment. A titre de comparaison supplémentaire, on a reporté en le simplifiant le log Z_5 de la mission du B. R. P. (J. BOROCCHO et R. NYSSSEN, 1955). Toutes ces coupes sont sensiblement alignées sur un axe



Position des coupes du Gotlandien

SSW-NNE (direction 28° Est) (fig. 49). Les distances entre les différentes coupes ont été respectées sur la fig. 50. La coupe D₁₀ ne montre que la base de la série.



On voit tout de suite que le Gotlandien conserve d'une extrémité à l'autre du secteur une grande constance de faciès : on retrouve toujours de haut en bas la même succession :

- schistes et calcaires à lobolithes
- calcaires à entroques
- calcaires à Orthocères
- gypses
- schistes à Graptolites.

Le contact avec les grès ordoviciens a pu être observé au Guelb Sensal nord. Le passage est brutal : sur des grès assez grossiers à tubes de Vers, irréguliers et ferruginisés, reposent brusquement des schistes à Graptolites fins avec des enduits de soufre au contact. Aucun conglomérat de base, ni même quelques galets épars, ne soulignent ce contact.

La puissance totale semble aussi assez constante et être de l'ordre de 80 à 90 m. Les différents niveaux conservent chacun également des puissances assez constantes. Et comme ils passent de l'un à l'autre par des alternances rythmiques, l'estimation des limites entre niveaux est assez subjective. Aussi les variations de puissance pour chaque niveau n'ont probablement pas de signification particulière.

Les schistes à *Monograptus* semblent diminuer régulièrement d'épaisseur du Nord vers le Sud jusqu'à l'Oumat el Ham : 30 m à l'Ouest de Gara Bouya Ali, 15 m au Guelb Sensal, 6 m seulement à la butte témoin de l'Oumat el Ham. La mesure donnée sur le log Z₅ du B. R. P. pour le synclinal gotlandien situé à l'Est de l'Oumat Chaggag est sujette à caution; en effet les schistes ont été mesurés en un point où la tectonique est violente. Les grès sous-jacents sont très redressés, mais les calcaires gotlandiens le sont peu. Les schistes n'affleurent pas, aussi leurs pendages sont-ils difficiles à apprécier. Cette mesure n'est donc pas suffisante pour affirmer un nouvel épaissement des schistes à Graptolites vers le Sud.

La puissance des gypses, qui est d'environ 10 m, atteint son maximum (13 m) dans la région des Guelb Sensal et de l'Oued el Fiadh.

Les calcaires ont une puissance constante d'environ 25 m. Les cinq à huit derniers mètres de la partie supérieure sont constitués de calcaires à entroques qui n'apparaissent jamais plus bas.

Les schistes terminaux, interstratifiés de bancs d'encrinites et de gypse, ont une puissance de 18 à 23 m. Ils ont tendance à se développer un peu plus vers le Nord.

Le niveau à lobolithes de *Scyphocrinus elegans* est très constant. On le retrouve dans la zone occidentale de Dhlou.

Dans cette dernière, aucune coupe satisfaisante n'a permis de faire, jusqu'à maintenant, des mesures d'épaisseurs. Le Gotlandien ne semble pas, comme le fait le « Cambro-Ordovicien », y acquérir une puissance plus grande qu'à l'Est.

2° Subdivisions du tableau stratigraphique IV (Gotlandien)

La coupe du parallèle 26° (Ouest de Gara Bouya Ali) est la plus représentative et la plus complète de la zone étudiée. Les coupes des Guelb Sensal et de la Kédia Léglaga permettent d'en compléter la partie inférieure masquée. D'après ces coupes on peut proposer les subdivisions stratigraphiques suivantes pour l'ensemble du Zemmour :

- 24 — schistes argileux noirs à empreintes de petits Lamellibranches
- 23 — calcaires à entroques gris bleu à lobolithes de *Scyphocrinus*
- 22 — schistes argileux gypseux à nodules calcaires, à empreintes de grands Lamellibranches
- 21 — calcaires à entroques, bleu noir, à odeur fétide
- 20 — calcaires bleu noir, à odeur fétide, à Lamellibranches et Orthocères
- 19 — gypses et ocres, argiles gypseuses et ferrugineuses
- 18 — calcaires bleu noir, à odeur fétide, à *Camarotoechia* sp. e. g. *borealis* et *Monograptus priodon*
- 17 — calcaire gypseux à petites « Rhynchonelles » et à *Cornulites* sp.
- 16 — schistes argileux noirs à Graptolites (*Monograptus triangulatus*).

Puisqu'il n'y a pas de changement de faciès notables, ces subdivisions peuvent s'appliquer à l'ensemble de la région étudiée. Elles ont été utilisées pour établir le tableau stratigraphique IV; elles seront précisées dans les pages suivantes, grâce à l'étude pétrographique et paléontologique de chacune d'elles.

CHAPITRE II

ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

Succédant à un ensemble cambro-ordovicien essentiellement détritique et grossier, le Gotlandien fait contraste par la nature argileuse, chimique ou organique de ses sédiments. Des argiles, des « évaporites » et des calcaires font suite brusquement aux grès-quartzites de la série de Garat el Hamoueïd.

Les études pétrographiques ont toutes été portées sur le tableau stratigraphique IV (Gotlandien). On verra successivement la liste des roches que l'on rencontre dans cette formation, l'étude pétrographique des différents groupes de roches, puis les caractères généraux seront récapitulés, et les conditions de sédimentation envisagées.

A. — LISTE DES ROCHES

Dans le Gotlandien *s. str.* (niveaux **16** à **24** de la coupe synthétique), on trouve les roches suivantes :

- argiles un peu micacées et silteuses à Graptolites
- schistes argileux plus ou moins micacés et silteux
- schistes argileux à trainées charbonneuses
- argiles ferrugineuses (ocre jaune et ocre rouge)
- argiles gypseuses
- gypses argileux rubanés; gypses
- gypses calcaires
- calcaires gypseux à Rhynchonelles (moules en gypse)
- calcaires argileux
- calcaires microcristallins à débris de Brachiopodes (Rhynchonelles), de Lamellibranches et d'Orthocères, associés ou non
- calcaires à entroques (encrinites) à débris de *Scyphocrinus elegans*.

B. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE DES PRINCIPAUX FACIÈS

1° Les argiles et les schistes argileux

Bien qu'affleurant mal, ces faciès sont abondants dans le Gotlandien; ils constituent la majeure partie des niveaux **16** (schistes argileux à *Graptolites*), **22** (schistes argileux à *Avicula* cf. *scala*) et **24** (schistes argileux à *Avicula glabra*).

a) Examen macroscopique

Ce sont des roches bien litées, se débitant en fines plaquettes, parfois très finement micacées, soyeuses au toucher, de couleur grise ou noire, souvent un peu charbonneuses. CIH normal est sans action. On y voit des empreintes très plates de *Graptolites* charbonneux (**16**) et de *Lamellibranches* au test mince dissous (**22** et **24**). Vers la base, entre les lits, se sont déposées des pellicules de soufre (vérifié par l'analyse chimique). Par altération, la couleur devient claire et le schiste se débite en « confetti » caractéristiques, gris clair, roses ou bleu ciel. Dans certains cas, ils font pâte avec l'eau (butte témoin de l'Oumat el Ham), mais ils sont le plus généralement indurés par simple compaction; d'où leur nom de *schistes argileux*.

b) Examen microscopique

- structure finement et régulièrement litée
- texture détritique très fine, à peine perceptible
- petits grains de *quartz* épars, formant parfois des traînées de silts, ne dépassant jamais 50 μ , en moyenne de 10 à 40 μ
- quelques paillettes de *muscovite*
- fond dominant d'argile (illite) et de *quartz cryptocristallin*, avec en plus pour les niveaux **22** et **24** des traînées ou des nodules charbonneux, probablement d'origine organique, qui sont très caractéristiques (Pl. XII, fig. 1)
- aucun organisme n'est visible au microscope.

c) Analyse des argiles aux rayons X

La nature des minéraux argileux de quatre échantillons a été déterminée, deux pour le niveau des schistes à *Monograptus triangulatus*, un pour chacun des deux niveaux à *Avicula*. Les résultats sont les suivants :

	Ech.	Illite	Chlorite	Kaolinite
24 — Schistes à <i>A. glabra</i>	552	60 %	—	40
22 — Schistes à <i>A. scala</i>	21.560	80	10	10
16 — Schistes à <i>M. triangulatus</i>	21.551	90	—	10
16 — Schistes à <i>M. triangulatus</i>	21.519	90	—	10

L'illite est donc l'élément dominant, avec accessoirement de la kaolinite et un peu de chlorite; à noter la richesse relative du niveau **24** en kaolinite. Cette association est celle que l'on trouve dans les schistes noirs et les argiles bleues ou noires d'autres régions et d'autres formations géologiques. Deux interprétations sont possibles. La première voit, dans l'association illite, chlorite et kaolinite, une origine purement détritique à partir d'un continent normal, non latéritique, où les phyllites des divers apports, se mélangent. La deuxième tient compte du milieu réducteur et anaérobique : la partie kaolinique de la phase argileuse est néoformée au sein de la vase et provient d'une réaction de ce milieu particulier.

Nous n'avons pas d'arguments suffisants pour trancher cette question, mais l'essentiel est de voir apparaître avec le Gotlandien des faits nouveaux par rapport à la série uniquement détritique qui le précède. Que ce soit sous l'effet d'un mode nouveau d'altération du continent, ou sous celui de néoformations dans la vase déposée, le faciès a changé. De toute manière, la majeure partie de la phase argileuse est d'origine détritique.

d) Analyse chimique

L'analyse porte sur quatre échantillons (tableau d'analyses chimiques 6). Les quatre échantillons sont comparables. Ils sont caractérisés par une *forte teneur en alumine*. On considère comme riches en alumine les schistes dépassant la teneur de 22 % d' Al_2O_3 (F. J. PETTJOHN, 1957, p. 365). La moyenne pour les quatre schistes est de 23,6 %, l'un atteignant même 27,7 %.

Ceci peut s'expliquer par un matériel provenant d'argiles résiduelles lessivées (*ibid.*, tabl. 69 et p. 365); la teneur en Al_2O_3 reste forte lors du transport et du dépôt, car il y a peu de quartz détritique dans ces niveaux, comme le montre l'examen microscopique. D'ailleurs, la teneur en K_2O (moyenne 2,8) est relativement faible pour des roches aussi riches en illite; ceci prouve que ce sont des « phyllites lessivées ».

Tous ces schistes contiennent un peu de gypse; la teneur n'a pas de signification, elle est variable suivant le prélèvement. Toutefois, le schiste 21.519, proche des niveaux gypseux sus-jacents, contient 3,23 % de SO_3 volatil, qui pourrait provenir d'un alun, cependant non identifié aux rayons X.

La perte au feu est aux alentours de 10 à 11 %; elle correspond essentiellement à l'eau de l'argile, mais en plus à celle du gypse et à la présence d'éléments réducteurs : soufre et carbone. La quantité de C, non dosée séparément, est appréciable, en particulier dans le niveau 24, où elle est visible au microscope. Cette présence de S et de C dénote une sédimentation en *milieu réducteur*, en accord avec la couleur noire des schistes.

Il s'agit donc de *schistes et d'argiles fortement alumineux, qui ont une certaine tendance vers les ampélites, ou les « black-shales », dont ils sont toutefois loin de posséder la teneur en carbone*. Suivant H. L. JAMES (1954), cette catégorie de schistes se forme dans les zones à moitié isolées du large, par exemple juste avant l'émersion des cordillères en bordure des géosynclinaux. S'il est certain que ces schistes se sont déposés en milieu anaérobique, cela n'implique pas qu'ils soient des sédiments marins profonds. Ils ont pu se déposer par exemple dans des zones peu profondes et très calmes, parce qu'à moitié isolées de la mer (milieu semi-lagunaire).

2° Les argiles ferrugineuses (ocres) et gypseuses Les gypses et les calcaires gypseux

Ces différents faciès sont surtout abondants à la base de la série, où ils sont intimement interstratifiés. C'est pourquoi ils seront étudiés ensemble. A l'affleurement, il est difficile de récolter des échantillons véritablement représentatifs, même en falaise, par suite du foisonnement du gypse.

On les rencontre dans le niveau 17 (calcaire gypseux) et surtout dans le niveau 19 où l'on trouve tous les intermédiaires entre ces différents faciès. Ils existent enfin, mais de façon plus intermittente, associés aux calcaires et aux schistes des autres niveaux.

a) Les argiles ferrugineuses et les ocres

Ces roches peuvent être récoltées en particulier le long de l'Oued el Fiadh, et dans les Guelb Sensal. Elles ont très vraisemblablement servi pour les peintures néolithiques des grottes de la région des Oumat.

Examen macroscopique.

Ce sont des roches litées ou massives, poudreuses, friables, parfois finement cavernueuses, douces au toucher, laissant une trace brune, rouge ou ocre jaune sur le papier. ClH normal n'a aucune action.

Examen microscopique.

La texture est massive ou hétérogène; les clastiques sont absents ou très disséminés; dans ce dernier cas il s'agit de quartz (maximum 15μ) et de muscovite. Le fond de la roche est formé d'argile imprégnée d'hydroxydes de fer (goethite) donnant à la roche sa couleur; du gypse peut y être associé. Ces roches sont entièrement azoïques.

Etude aux rayons X.

L'un des échantillons analysés donne 90 % d'illite et 10 % de chlorite; l'autre 100 % d'illite. Donc il semble bien que la phase argileuse soit de même origine que pour les schistes sous-jacents. Remarquons qu'ici la kaolinite disparaît au moment où surviennent les oxydes de fer.

L'un des échantillons (321 A) montre les raies de l'alunite en proportion assez faible, sous forme dispersée dans la roche et non spécialement dans les parties blanches.

Analyse chimique.

Le tableau d'analyses chimiques 7 donne les analyses de deux échantillons d'ocres (analyses 41 et 42); la teneur en alumine est plus faible que dans les schistes ordinaires, par contre la teneur en fer augmente sensiblement : 6,6 et 9,2 % de fer métal. Ce ne sont donc pas des minerais de fer (plus de 15 %, d'après F. J. PETTJOHN, 1957, p. 368). Ce fer est sous forme d'hydroxydes; mais ces roches évoluent beaucoup en surface et il est difficile de dire si c'est bien la forme de profondeur. Il pourrait par exemple être en partie sous forme de sulfures (pyrite) plutôt que d'oxydes.

Dans ces roches, il y a eu sédimentation simultanée de dépôts argileux fins, continuation de la sédimentation argileuse précédente, et d'un minéral de fer précipité, sous une forme que l'on ne pourra préciser que par l'étude d'échantillons profonds de sondages.

b) Les argiles gypseuses, les gypses et les calcaires gypseux

Ces roches constituent une bonne part de la série gotlandienne, en particulier du niveau 19.

Examen macroscopique.

On trouve sur le terrain tous les intermédiaires entre ces diverses roches, ainsi qu'entre elles et les argiles ferrugineuses; elles sont malheureusement très défigurées en surface par le gonflement du gypse. On devine encore souvent un rubanement, plus ou moins éclaté, correspondant à des alternances de gypse et de lits argileux.

Examen microscopique.

La texture est cristalline ou microcristalline; *gypse* et *calcite*, parfois largement cristallisés, constituent, avec l'*argile*, l'essentiel de ces roches. Les *clastiques*, *quartz* et *muscovite*, sont excessivement rares.

Ces roches sont azoïques, sauf lorsque la *calcite* prédomine (analyse 45, éch. 21.520 B); dans ce cas, apparaissent des sections de petits *Brachiopodes* (*Rhynchonelles*) conservés en gypse. Ceci indique un milieu où la vie est encore possible, mais la faune a une taille naine, donc les conditions ne sont pas favorables (niveau 17).

Analyse des argiles aux rayons X.

L'essai fait sur un gypse argileux rubané du niveau 19 (21.522) indique encore une forte teneur en *illite* (80 %), le reste étant de la *kaolinite*. L'apport argileux est donc toujours de même nature. L'analyse d'un calcaire gypseux argileux à petites *Rhynchonelles* (21.520) a montré, en dehors d'une phase argileuse de même nature (*illite* + *kaolinite*), la présence d'*epsomite*, sulfate de magnésium hydraté.

Analyse chimique.

Un échantillon de gypse rubané argileux (analyse 44) a donné une teneur de 79 % de gypse, le reste étant surtout formé d'argiles (*illite* et *kaolinite*). D'autres échantillons sont calcaires (niveau 17) et l'on aboutit à des calcaires gypseux (analyse 45); l'échantillon 21.520 contient 13,4 % de gypse, 6,2 % d'*epsomite* et 75,3 % de *calcite*. La dolomie n'ayant pas été observée aux rayons X, tout le magnésium a été calculé en *epsomite*.

Il est difficile de préciser la nature des sulfates dans la roche saine, en l'absence de sondage. Le gypse est-il primaire? Les rayons X révèlent la présence d'anhydrite et d'*epsomite* et, dans certains cas, de sulfate double d'alumine et de potasse (*alunite*). Les analyses chimiques de certaines ocre montrent l'existence de SO_3 sous une forme volatile et insoluble qui ne peut pas provenir du gypse, et qui pourrait justement procéder de cette *alunite*.

Si l'on multipliait les exemples, on verrait que tous les intermédiaires existent entre les argiles, les gypses, les ocre et les calcaires gypseux. L'analyse des argiles, l'analyse chimique et l'observation sur le terrain, montrent que ces roches, malgré leur apparente diversité, présentent des caractères communs et des variations progressives.

3° Les calcaires et les dolomies

Ces faciès sont connus sur toute la bordure sud de l'Anti-Atlas, mais ils prennent dans le Zemmour une importance particulière. Ce sont presque toujours des calcaires organogènes, constitués par l'accumulation de débris de fossiles non roulés, facilement identifiables. Ils se divisent en

deux groupes qui apparaissent bien sur le tableau stratigraphique IV et qui sont séparés par la limite 20/21 des niveaux de la coupe synthétique. Sous cette limite, ce sont des calcaires à débris de Brachiopodes, d'Orthocères et d'Ostracodes (niveaux 17, 18 et 20) avec des calcaires à Graptolites vers le bas (18); au-dessus de la limite, ce sont des encrinites, constituées de débris de Crinoïdes, accompagnés d'Orthocères vers le bas (niveau 21) et d'Ostracodes vers le haut (niveau 23).

On rencontre les roches suivantes :

- calcaire gypseux à petites Rhynchonelles (17)
- calcaire bleu noir un peu argileux à Graptolites (18)
- calcaire bleu noir à débris de Brachiopodes, d'Orthocères et d'Ostracodes (18 et 20)
- calcaires à Ostracodes (19)
- encrinite bleu noir à débris de *Scyphocrinus elegans* (21 et 23)
- encrinite à Ostracodes (23).

A ces roches, il faut ajouter quelques dolomies :

- calcaire dolomitique microcristallin gris à Polypiers, Bryozoaires, Lamellibranches et Crinoïdes (23).

Mais la plupart du temps ces dolomies ont une origine manifestement secondaire, dont nous ne pouvons tenir compte ici :

- dolomie finement cristallisée beige, à empreintes de *Cardiola interrupta* et d'Orthocères (20) (éch. 408)
- dolomie à entroques (calcaire dolomitisé) jaune clair à *Scyphocrinus elegans* (23) (éch. 2122).

Dans le premier cas, la roche est au contact d'une faille, dans le deuxième, elle est à proximité de la paléosurface du Crétacé.

a) Examen macroscopique

Sur le terrain, les calcaires du Gotlandien sont facilement identifiables par suite de la couleur bleue intense des affleurements. Ce sont des roches massives, généralement mal stratifiées à l'échelle de l'échantillon, mais en bancs réguliers de 0,10 à 2 m; certains bancs, surtout dans le niveau 18 à *Monograptus priodon*, sont plus schisteux; ils se débitent alors en « miches ».

La cassure est semi-cristalline, certaines plages étant largement cristallisées, d'autres finement; la roche est noire ou bleu noir sur la cassure fraîche, la teinte bleue devenant plus intense sur la surface patinée par le vent. Sous le choc du marteau, ces roches dégagent une odeur fétide intense, due vraisemblablement à la présence de matières organiques. D'après G. Lucas (1952), qui a effectué des études sur des calcaires fétides du Trias, du Dogger et de l'Eocène, ce phénomène serait dû généralement à un sel organo-phosphaté d'ammonium, soluble dans l'eau et volatil, semblant appartenir à la série des phosphénates. Ce corps serait emprisonné dans les cristaux de calcite, lors de la consolidation de la roche. ClH normal donne une très forte effervescence; le résidu noir de l'attaque comporte un peu d'argile et des matières charbonneuses.

Ces calcaires, surtout dans les niveaux supérieurs d'encrinites, contiennent des géodes dans lesquelles on trouve de beaux quartz bipyramidés limpides, de 3 à 25 mm. Ils sont bourrés de débris de fossiles souvent de grande taille et non classés (ce ne sont pas de vraies lumachelles), où dominent les Brachiopodes et les Orthocères, avec vers le bas les Graptolites conservés en relief, et vers le haut les Crinoïdes.

Les roches dolomitisées sont plus claires, roses ou grises, et plus poreuses; elles sont très localisées sur le terrain; les fossiles disparaissent au cours de la recristallisation.

b) Examen microscopique

Un caractère très frappant de ces calcaires est leur grande limpidité en lames minces, caractère qui permet de les différencier souvent des calcaires dévoniens (tout au moins pour des roches de surface). Ceci semble dû à l'absence des oxydes de fer ferriques qui imprègnent habituellement la calcite, ou enrobent les débris organiques.

La texture est détritique organique, et le ciment microcristallin à cristallin, la dimension des cristaux de calcite variant beaucoup sur la même plaque mince; les calcaires à Ostracodes sont parfois à grain plus fin.

La roche est constituée de grands débris de fossiles en calcite lamellaire (Brachiopodes, Pl. XI, fig. 3), en calcite recristallisée (*Monograptus*, Pl. XI, fig. 1-2), (Orthocères, Pl. XI, fig. 4), en calcite fibreuse

(Ostracodes) et beaucoup plus rarement en *phosphate* brun (Lingulidés), tous liés par un ciment de *calcite* limpide, plus ou moins largement cristallisée suivant les plages, avec quelques traînées de matières charbonneuses.

Les éléments clastiques d'origine minérale sont pratiquement absents (voir le tableau stratigraphique IV). Les deux seuls éléments signalés sont les mêmes que dans les schistes : *quartz* et *muscovite*; le premier est d'ailleurs souvent d'origine secondaire, et, avec la recristallisation de la *calcite*, il est impossible de reconnaître les quelques petits grains d'origine détritique certaine. Quant à la *muscovite*, elle est signalée, mais très rare, dans le niveau 18.

Les *encrinites* sont identiques, mais avec prédominance des débris de *Scyphocrinus elegans* (Pl. XI, fig. 5) en *calcite* monocristalline; le ciment de *calcite* prend souvent la même orientation que le cristal du débris d'*Encrine* le plus proche, et la roche finit par présenter un aspect cristallin, les débris devenant de grands cristaux jointifs (nourrissage analogue à celui d'un *quartzite*).

c) Etude des traces d'argile aux rayons X

L'étude aux rayons X des résidus argileux a montré que la nature des traces d'argile était identique à celle des schistes, avec toutefois disparition complète de la *kaolinite*. Les deux échantillons analysés ont donné des résultats analogues :

	Ech.	Illite	Chlorite
Niveau 20 — Calcaire un peu argileux à Brachiopodes et Orthocères	21.644	80 %	20
Niveau 18 — Calcaire un peu argileux à <i>Monograptus priodon</i>	320 A	90	10

Donc là encore, la faible proportion d'argile de ces calcaires correspond à la persistance plus timide de l'apport détritique du continent. Remarquons la disparition de la *kaolinite*, lorsque la sédimentation devient calcaire.

d) Analyse chimique (Tableau d'analyses chimiques 8)

Les analyses 46 et 47 concernent des échantillons moyens de ces calcaires. Elles montrent que ces roches sont des *calcaires vrais et relativement purs*; le total des carbonates étant de 90 ou 95 % et le pourcentage de *calcite* dans le total des carbonates de 98,5 et de 95,3 %. Ces roches sont très pauvres en fer, la majorité des impuretés est formée d'argile et d'un peu de silice. Les rayons X indiquant la présence de chlorite, une petite fraction de magnésium peut, bien que l'analyse n'ait pas comporté d'attaque alcaline, provenir de cette argile; ce qui ne peut qu'augmenter la proportion de *calcite* par rapport à la *dolomite*. Ce sont donc des calcaires très purs (analyse 47) ou des calcaires très légèrement argileux.

L'analyse 50 d'un calcaire du niveau à lobolithes (23) montre une teneur de 34 % de *dolomite*, sans qu'il y ait de conditions tectoniques locales, ou de circulations d'eau, qui puissent apparemment l'expliquer. Juste sous ce niveau réapparaissent des niveaux gypseux; il est possible que la teneur en *dolomite* soit due à une précipitation primaire de *dolomite*. Par contre les analyses 51 et 52 sont des cas particuliers, peu fréquents, liés à des phénomènes annexes et ultérieurs, le premier (éch. 408) à une *dolomitisation* près d'une faille permettant les circulations d'eau, le deuxième (éch. 2122) à une *dolomitisation* au voisinage de la paléosurface du Crétacé.

La présence de matières organiques en traces parfois visibles au microscope est difficile à mettre en évidence à l'analyse, le carbone étant évacué par l'essai de la perte au feu.

Enfin, il faut noter qu'il n'y a pas de séparation brutale entre les faciès calcaires et les faciès gypseux : la gradation des analyses 44 (éch. 21.522), 45 (21.520) et 50 (548 bis) en témoigne (fig. 51).

Il existe donc des faciès intermédiaires entre les gypses francs et les calcaires purs.

L'étude pétrographique des calcaires gotlandiens nous montre donc que ce sont des *calcaires vrais relativement purs* (90 % de *calcite*). D'origine organique, ils sont formés de coquilles calcaires non roulées et mal classées, avec des fossiles entiers bien conservés. Ce sont des calcaires du type *autochtone* ou *sub-autochtone*, tels que les définit F. J. PETTJOHN (1957, p. 393); ils en ont les caractères : pas de classement ni d'usure des tests, donc pas de transport; association avec des schistes et non avec des grès; fossiles entiers, conservés avec leurs articulations (*Camarotoechia borealis*).

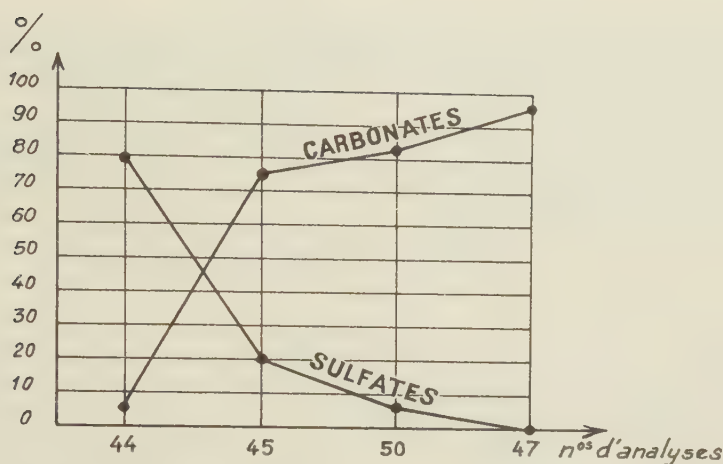


FIGURE 51. — Relations entre les teneurs en carbonates et sulfates des calcaires gotlandiens.

On en déduit donc un mode de sédimentation dans un *milieu de salure marine normale* (abondance de la faune marine), *calme* (où pouvaient s'accumuler les coquilles mortes sans être détruites ni déplacées), et *peu profond* (présence de Lamellibranches et Gastéropodes non roulés). *L'apport détritique était pratiquement nul*; il se limitait à une phase argileuse illitique de 0 à 8 %. La présence de matières organiques ou de sulfures indique que ce *milieu restait plutôt réducteur*, donc gardait « un air de famille » avec le milieu de sédimentation des schistes gotlandiens.

Enfin il est difficile de dire si le ciment de calcite, limpide et cristallisé, provient de la précipitation chimique de carbonate de chaux, ou bien s'il provient de la remobilisation de la calcite lors de la diagenèse.

C. — CARACTÈRES PÉTROGRAPHIQUES GÉNÉRAUX

Le tableau stratigraphique IV (Gotlandien) groupe toutes les observations pétrographiques des roches de cet étage. Il permet de se faire une idée synthétique des mesures, et de dégager les caractères d'ensemble de la formation et, en même temps, ceux qui sont particuliers à certains niveaux.

1° Caractères des clastiques minéraux

Un des traits dominants du Gotlandien est *l'absence ou la grande rareté des clastiques de nature minérale*. Les niveaux schisteux (16, 22 et 24) sont pratiquement les seuls où l'on rencontre des clastiques, d'ailleurs en faible quantité. Le niveau des schistes argileux à *Monograptus triangulatus* (16) est le plus franchement détritique. Les gypses et les calcaires francs ne comportent plus aucun clastique; toutefois, lorsqu'ils sont mélangés d'argile, on peut encore trouver quelques grains excessivement rares.

La granulométrie est très constante dans toute la formation, ce qui apparaît très bien sur le tableau stratigraphique IV. La moyenne des grains de quartz est inférieure ou égale à 10 μ . Les grains de plus de 20 μ sont rares; le plus gros grain observé pour tout le Gotlandien ne dépasse pas 50 μ . Le niveau 16, par lequel débute la formation, contient les éléments les plus gros.

La nature de ces clastiques est elle aussi très constante pour tout l'étage: on n'observe que le quartz et la muscovite, à l'exclusion de tout autre clastique. Très constants dans les niveaux schisteux, ces deux minéraux n'apparaissent plus que très rarement dans les gypses et les calcaires.

Les niveaux calcaires contiennent parfois de petits cristaux de quartz, mais qui semblent d'origine secondaire; la calcite recristallisée masque d'ailleurs la forme originelle des grains clastiques possibles.

La forme des grains de quartz n'a pas une grande signification, vu leur dimension; ce sont toujours des grains très anguleux (arrondi voisin de 0,1) et souvent de forte sphéricité (0,7 à 0,9); ceci est normal pour des grains aussi fins.

2° Caractères de la phase argileuse

Dans tout l'étage, la phase argileuse est de nature très constante. La proportion d'illite varie entre 80 et 100 %, la moyenne pour les 11 échantillons analysés étant de 85 %. A ce constituant majeur, viennent s'ajouter accessoirement la chlorite et la kaolinite. Le dernier niveau des schistes argileux, à *Avicula glabra*, se singularise toutefois, avec seulement 60 % d'illite, le reste étant de la kaolinite. Aucune argile particulière du type montmorillonite ou palygorskite n'a été signalée dans les argiles associées aux gypses.

Il semble donc que pour toute la formation, l'argile soit un simple apport détritique fin, qui ne change guère de nature, mais dont la proportion dans la composition globale des roches varie. Ces argiles pourraient être « l'héritage » du continent lessivé (illite pauvre en K), sans néoformation d'argile d'origine chimique.

Toutefois on constate que la kaolinite est présente dans les schistes noirs (niveaux 16, 22, 24) et dans les argiles ferrugineuses ou gypseuses (niveau 19), alors qu'elle est totalement absente des sédiments calcaires (18, 20, 21). Si les argiles ferrugineuses ou gypseuses étaient bien des argiles très riches en pyrite et oxydées en surface, elles correspondraient à un aspect encore plus réducteur du milieu de sédimentation des « black shales ». La kaolinite apparaîtrait alors comme étroitement liée aux milieux réducteurs et anaérobiques. Or plusieurs auteurs ont pu mettre en évidence, d'une façon qui certes n'est pas définitive, la formation de la kaolinite au sein des vases anaérobiques après leur dépôt (G. MILLOT, 1949, p. 290 et 293; A. BERNARD, 1958). Dans le cas qui nous occupe, la teneur en kaolinite est faible, difficile à différencier de la teneur en chlorite. Il ne peut donc s'agir pour nous que d'une suggestion plausible qui converge avec les travaux plus documentés de ces auteurs.

3° Caractères de la phase chimique et chimico-organique

C'est la phase qui varie le plus; les analyses nous montrent la variété des constituants chimiques : gypse, anhydrite, epsomite, calcite, dolomite, alunite, hydroxydes de fer. C'est sur cette phase que le milieu a le plus imprimé sa marque, l'apport clastique et argileux conservant une nature constante.

Les calcaires peuvent être très purs; ils contiennent généralement une phase carbonatée importante (90 à 95 %), constituée pour 95 % de calcite. Ce sont donc de vrais calcaires. Ils proviennent presque exclusivement de l'accumulation de coquilles et de tests.

Le niveau à lobolithes (23) serait plus dolomitique, dans la mesure où l'on peut se fier à une seule analyse : dans l'exemple étudié, la proportion de calcite/dolomite n'est plus que de 58,5/41,5. Il s'agit donc d'un calcaire dolomitique. Les autres cas de roches gotlandiennes dolomitiques sont dus à des phénomènes postérieurs de dolomitisation secondaire.

4° Caractères des clastiques organiques

Au microscope, les structures des tests sont bien reconnaissables, sauf pour les Lamellibranches et les Gastéropodes, qui sont par suite difficiles à identifier. Les Brachiopodes, les Orthocères, les Ostracodes et les Graptolites dominent, avec accessoirement quelques débris de Lingulidés (Pl. XI, fig. 1-4). En revanche pas un seul débris de Trilobite n'a été observé.

A partir du niveau 21, comme cela se voit très bien sur le tableau stratigraphique IV, les débris de Crinoïdes apparaissent et abondent au point de constituer la presque totalité de la roche (encrinites) (Pl. XI, fig. 5). Au contraire, Brachiopodes et Orthocères disparaissent, laissant la place à quelques Polypiers et Bryozoaires.

Les débris organiques sont en général *non usés* et *non classés*. Il n'est pas rare de rencontrer des morceaux d'Orthocères d'un mètre de longueur. Ces débris apparaissent dans les calcaires gypseux et acquièrent une grande importance dans les calcaires plus purs. La limite entre les niveaux 20 et 21 marque une séparation très nette dans la pétrographie des calcaires, et donc aussi dans les conditions de milieu.

5° Microfaciès

Les différents microfaciès rencontrés dans l'étude des plaques minces sont tous des *calcaires (micro)cristallins (gypseux) à débris de tests non roulés* (Pl. XI). Dans le détail, on distingue des :

- calcaires à Rhynchonelles (Pl. XI, fig. 3)
- calcaires à débris d'Orthocères (Pl. XI, fig. 4)
- calcaires à Eoptéropodes et Ostracodes
- encrinites à *Scyphocrinus elegans* (Pl. XI, fig. 5)
- calcaires à Graptolites (Pl. XI, fig. 1-2).

Les sections en plaques minces apparaissent toujours limpides, et les débris sont liés entre eux par de la calcite pure, plus ou moins largement cristallisée. Diverses combinaisons entre ces microfaciès peuvent avoir lieu, telles qu'un calcaire à Rhynchonelles et à débris d'Orthocères par exemple.

D. — CONDITIONS DE SÉDIMENTATION

Malgré une apparente diversité des faciès, on peut constater, pendant tout le Gotlandien, une certaine unité dans les conditions de sédimentation. Ceci se « sent » sur le terrain où le Gotlandien apparaît bien différent des autres formations.

Les schistes à Graptolites (16) et à Lamellibranches (22 et 24), fortement alumineux, et riches en matières organiques, ont, comme nous l'avons vu, une certaine tendance vers les « black-shales » et les ampélites. Bien que transgressifs sur le « Cambro-Ordovicien », ces schistes se seraient déposés en milieu anaérobique fortement réducteur, calme et peu profond.

Les calcaires sont très purs; ils témoignent de conditions de sédimentation nettement marines, dans une mer franchement ouverte sur le large et sans doute un peu mieux aérée. Mais on retrouve les mêmes caractères : le calcaire est *autochtone*, les débris d'Orthocères sont de toutes tailles, il n'y a *aucun classement des fossiles*. Ceci implique une *sédimentation sur place des coquilles*, toujours dans un milieu calme et peu profond, ce qu'atteste la non usure des débris. Comme pour les schistes, le milieu de dépôt des calcaires devait être *réducteur* (pas de fer ferrique, matières organiques). Les apports autres qu'organiques étaient réduits à des traces d'argile, toujours à dominance illitique.

Plus délicate est la question des *niveaux gypseux et ocreux*. En effet ces roches risquent fort, à l'affleurement, d'être complètement transformées par des oxydations superficielles masquant leur véritable nature.

a) Dans une première éventualité, on peut concevoir que ce gypse est *primaire*, et s'est déposé naturellement. Déjà dans un tel cas, et sur des roches parfaitement connues par sondages et travaux miniers, les auteurs ne sont pas d'accord sur l'origine des sels. La théorie la plus classique, à la suite des travaux de BISCHOF et de C. OCHSENTUS (1877), consiste à faire de ces gîtes des dépôts d'évaporation superficielle dans des sortes d'immenses marais salants naturels. J. WALTHER (1900) a complété cette notion en l'associant à la nécessité d'un climat désertique. Le climat doit être suffisamment aride pour permettre une intense évaporation des eaux jusqu'à la précipitation des sulfates puis des chlorures. D'où

le nom d'évaporites donné à ces roches. R. H. KING (1947) et L. P. SCRUTON (1953) ont expliqué la précipitation sélective du sulfate (anhydrite ou gypse) non suivie de celle du chlorure de sodium en reprenant l'ingénieuse théorie de l'influx-reflux dans des mers à moitié isolées du large par des détroits : l'eau chargée en sels va vers le fond, et se concentre jusqu'à la précipitation du sulfate; les chlorures plus solubles retournent en partie à l'océan. On rejoint là les idées de J. DELECOURT (1946) qui a montré que la moitié de l'eau drainée sur les continents ne gagne pas l'océan, mais des bassins clos et des « mers enrichies », alimentées en sels à la fois par l'océan et par les fleuves. J. WALTHER (1924) et Ch. FINATON (1934, 1935) arrivent à la conclusion que beaucoup de gisements de gypse sont dus plutôt à d'anciens lacs salés alimentés par des fleuves, qu'à des lagunes en communication avec la mer.

b) Pour J. AVIAS (1949, 1953, 1958), le gypse des marais côtiers de la Nouvelle-Calédonie proviendrait de la néoformation syngénétique de gypse au sein même des vases originelles, soit par oxydation biochimique des sulfures, soit par une précipitation directe des sulfates de l'eau d'origine marine imbibant la vase. Le gypse se forme là dans des conditions de pH très acide et de Eh négatif.

Donc, nombreuses sont les théories qui s'offrent à nous pour expliquer l'origine de ce gypse gotlandien, dans le cas où il serait vraiment d'origine primaire.

c) Toujours en admettant que le gypse ou l'anhydrite soit la forme de profondeur, la théorie de J. BURCART et J. RICOUR (1952, 1954) serait également à envisager. Le soufre s'accumule dans les vases noires subsidentes fortement réductrices, sous forme de monosulfure et de pyrite. Ces vases conservent une forte proportion d'eau connée. Dès que le milieu perd son caractère éminemment réducteur, ces sulfures évoluent en sulfates par équilibre biochimique (influence des bactéries) et ces sels se concentrent dans les fissures et les surfaces de décollement. Comme l'a montré A. BONTE (1955), les sulfates, en profondeur, sont généralement sous forme d'anhydrite qui évolue toujours vers le gypse en surface.

d) Dans une autre éventualité, on peut concevoir que ces formations sont en profondeur des argiles très riches en sulfures, qui seraient en somme l'exagération des caractères de black shales des argiles précédentes. Par oxydation superficielle, ces sulfures passent à des sulfates : la pyrite donne du sulfate de fer ou mélantérite qui, par double décomposition avec CO_3Ca , donne du gypse (voir A. LACROIX, 1896, p. 575-578; G. MILLOT, 1949; F. J. PETTJOHN, 1957, p. 485; etc.). Ces transformations se font avec augmentation de volume, dérangement des strates, ce qui masque la nature réelle de la roche (H. JOLY et NINCK, 1935). On aboutit finalement à des sulfates (gypse, epsomite, alunite et à des oxydes et hydroxydes de fer (goethite).

Si nous avons détaillé quelque peu toutes ces possibilités d'origine des faciès gypseux, c'est pour aboutir à la conclusion qu'il serait très imprudent de déduire de cette simple présence d'« évaporites » dans le Gotlandien que, à cette époque, le régime de sédimentation était lagunaire, le climat désertique, et la mer en régression par rapport à la sédimentation des schistes à Graptolites.

Nous resterons donc très prudent sur les conditions de dépôt de ces roches, tant que nous ne les aurons pas observées en profondeur. Nous aurions toutefois une préférence pour une simple oxydation superficielle de niveaux à caractère très réducteur : des argiles pyriteuses devenues en surface des argiles gypseuses et des ocre; ou tout au moins du gypse formé au sein de vases noires.

Il y a donc quelque chance pour que, dans le cas des gypses également, le milieu ait été de caractère très anaérobique, calme et réducteur, avec dépôt de vases sulfureuses ou gypseuses. De toute façon, la position de ces gypses et ocre entre des argiles et des calcaires s'explique mieux par la simple hypothèse d'une oxydation superficielle d'argiles pyriteuses que par celle d'une précipitation purement chimique de sulfates, qui, dans un série normale, ne devrait apparaître qu'après celle des calcaires et non avant.

Nous avons également constaté que tous ces termes, schistes, ocre, sulfates et calcaires, présentaient de l'un à l'autre toutes les formes de passage : schistes gypseux, calcaires gypseux, etc.). Dans les calcaires, les éléments organiques dominent; ils disparaissent dans les gypses qui correspondent à un milieu où la vie devient difficile.

On peut donc dire que les différents faciès du Gotlandien ne sont pas indépendants les uns des autres. Ils correspondent à une association bien caractérisée de roches déposées en milieu calme et réducteur, plus ou moins isolé de la haute mer; la sédimentation a plusieurs sources : un apport terrigène presque sans clastiques, où domine l'élément argileux, essentiellement sous forme d'illite; un apport purement chimique, surtout important lorsque le faciès devient gypseux (S, Fe, Ca, Mg et K); un apport organogène consistant en débris d'organismes calcaires s'accumulant sur place sans transport notable. Ces organismes abondent lorsque la salure de la mer devient normale. De plus les matières organiques sont conservées sous forme de traînées charbonneuses.

On parvient ainsi à une série oscillant autour d'un faciès général présentant des caractères communs. Selon la tendance plus ou moins réductrice et plus ou moins organogène de ce milieu tranquille et sans doute peu profond, prédominent les faciès de schistes argileux noirs à matières organiques, les ocres et les gypses, ou les calcaires à débris de fossiles. Au Zemmour, cette association est bien caractéristique du Gotlandien. Ces différents faciès y présentent des développements comparables, le faciès schisteux ne dominant pas les autres comme c'est le cas dans les régions voisines de l'Anti-Atlas et du synclinal de Tindouf.

CHAPITRE III

ÉTUDE PALÉONTOLOGIQUE

Avec le Gotlandien, la faune devient brusquement très abondante, mais seulement par les individus, car le nombre des espèces reste relativement faible. C'est la première fois que nous voyons les débris organiques contribuer pour une part importante à l'édification des roches, notamment des calcaires.

A. — ASSOCIATIONS DE FAUNE ET NIVEAUX CARACTÉRISTIQUES

Les niveaux qui, par leur faune, méritent une mention particulière, sont les suivants de haut en bas :

- 24 — Schistes argileux noirs à empreintes de petits Lamellibranches, à *Avicula glabra*
- 23 — Calcaires à lobolithes de *Scyphocrinus elegans*, à *Panenka bohémica* et *Platyceras anguis*
- 22 — Schistes argileux à empreintes de grands Lamellibranches (*Avicula* cf. *scala*)
- 21 — Encrinites à *Orthoceras bohemicum* et *Scyphocrinus elegans*
- 20 — Calcaire bleu noir à Lamellibranches et Orthocères, à *Cardiola interrupta*
- 18 — Calcaires fétides bleu noir à *Camarotoechia borealis*, Orthocères et *Monograptus priodon*
- 17 — Calcaires gypseux à petites Rhynchonelles et à *Cornulites*
- 16 — Schistes argileux à Graptolites (*Monograptus triangulatus*).

C'est surtout dans la partie nord que toutes ces formations sont visibles (Oudeï Sekkoum et tête de l'Oued Tadaïeght).

Dans les paragraphes qui suivent, nous passerons en revue ces différentes associations de faune. La faune complète est indiquée sur le tableau stratigraphique IV.

1° *Les schistes à Graptolites* (*Monograptus triangulatus*) (Niveau 16)

Ce niveau est le seul jusqu'à maintenant qui ait livré une faune graptolitique variée. On y a trouvé 17 espèces ou variétés (Pl. XXVI, fig. 1-8), qui ont été déterminées à l'Institut de géologie de l'Université de Rennes par M. A. PHILIPPOT :

GRAPTOLITES : *Monograptus triangulatus* (HARKNESS), *M. triangulatus* var. *major* ELLES et WOOD, *M. lobiferus* (Mc COY), *M. limatulus* TÖRNQUIST, *M. tenuis* (PORTLOCK), *M. gemmatus* (BARRANDE), *M. atavus* JONES, *M. sedgwicki* (PORTLOCK), *M. cf. runcinatus* LAPWORTH, *Rastrites peregrinus* BARRANDE, *Climacograptus rectangularis* (Mc COY), *Cl. cf. minutus* CARRUTHERS, *Cl. scalaris* var. *normalis* LAPWORTH, *Petalograptus palmeus* var. *latus* (BARRANDE), *Diplograptus* (*Glyptograptus*) *tamariscus* NICHOLSON, *Retiolites* (*Plegmatograptus*) *obesus* (LAPWORTH).

***Monograptus triangulatus* (HARKNESS, 1851)**

Pl. XXVI, fig. 1

Niveau 16

En Grande-Bretagne, ce Graptolite définit la sous-zone 19b (ELLES et WOOD); il appartient au Valentien inférieur, à la base du Middle Birkhill (Llandovery moyen) (O. T. JONES, 1921, p. 153). En Bohême, il existe également une zone à *M. triangulatus* vers la base du E₁ de BARRANDE, dans les couches de Želkovice (E₁ α). Il est également connu en Saxe et en Scanie (middle *Rastrites* shale, base du Llandovery moyen) (G. REGNELL, 1960, p. 28). H. et G. TERMIER (1950) le signalent dans le Llandovery du Maroc central.

La variété *major* ELLES et WOOD, appartient également à la zone 19 (Llandovery moyen) de Grande-Bretagne.

***Monograptus lobiferus* (Mc COY, 1850)**

Pl. XXVI, fig. 2

Niveau 16

En Grande-Bretagne cette espèce existe dans les zones 19 à 21 (Llandovery moyen et supérieur, c'est-à-dire partie supérieure du Valentien inférieur). On la trouve également dans le Llandovery de Scandinavie (A. DE LAPPARENT, 1883, p. 687), de Bretagne (F. KERFORNE, 1915, p. 191), d'Anjou (Ch. BARROIS, 1892, p. 148). En Bohême, J. PERNER et O. KODYM (1922, p. 57) le signalent dans la zone à *Rastrites peregrinus*, dans le E₁ α. C'est également une espèce du Llandovery de Catalogne (Ch. BARROIS, 1902). Au Maroc, il est connu en de nombreux points (Maroc central, région d'Oudjda) notamment dans le Tarannon. Dans la région d'Ougarta, il se situe immédiatement au-dessus des grès « ordoviciens » (N. MENCHIKOFF, 1930, p. 22; A. POUYTO, 1952, p. 38). C'est donc un fossile du Llandovery moyen et supérieur.

***Monograptus limatulus* (TÖRNQUIST, 1892)**

Pl. XXVI, fig. 4

Niveau 16

Ce Graptolite de Grande-Bretagne se trouve dans les zones 19c à 21 de ELLES et WOOD. Il n'est pas couramment cité en Afrique.

***Monograptus tenuis* (PORTLOCK, 1843)**

Pl. XXVI, fig. 3

Niveau 16

M. tenuis en Grande-Bretagne est une espèce de la zone 21. Dans l'Ardenne, d'après Ch. BARROIS (1892, p. 133), c'est une espèce du Llandovery.

***Monograptus gemmatus* (BARRANDE, 1850)**

Niveau 16

Ce Graptolite, en Grande-Bretagne, appartient aussi au Llandovery (zone 19 à 21). On le retrouve dans le Llandovery de Bohême (E₁ α). Au Maroc, G. et H. TERMIER (1950) le signalent dans la Chaouïa nord, toujours dans le Llandovery.

***Monograptus atavus* JONES, 1909**

Niveau 16

Connue dans les zones 17 à 19a du Llandovery de Grande-Bretagne, cette espèce se retrouve au Maroc central, au même niveau (G. et H. TERMIER, 1950).

***Monograptus sedgwicki* (PORTLOCK, 1843)**

Niveau 16

Connu dans les zones 20 et 21 d'Angleterre, ce Graptolite se retrouve en de nombreuses localités : en particulier dans les phthanites d'Anjou (Ch. BARROIS, 1892, p. 150) attribuées à l'Upper Birkhill; en Belgique, dans la bande de Sambre et Meuse (Lex. strat., vol. I, fasc. 4a I, p. 117), dans le Llandovery; en Bohême, où il sert à définir une des zones du E₁ (couches de Želkovice); en Scanie (*Rastrites* shale), où il définit la zone inférieure du Llandovery supérieur (G. REGNELL, 1960, p. 28). En Afrique également, il est largement répandu : Llandovery supérieur du Maroc central et des Djebilet orientales (H. TERMIER, 1936); sillon intratassilien du Mouydir (J. FOLLOT, 1952, p. 27). Habituellement cette espèce est un peu plus élevée dans la succession des Graptolites que les autres espèces qui lui sont associées au Zemmour.

***Monograptus* cf. *runcinatus* LAPWORTH, 1876**

Niveau 16

En Angleterre, cette espèce se trouve dans les zones 21 et 22 (Llandovery supérieur et Tarannon inférieur = Upper Birkhill et Lower Gala). On le retrouve au sommet du *Rastrites* shale de Scanie et dans le Tarannon des Pyrénées (Ch. BARROIS, 1892, p. 118). Il est signalé au Maroc central par H. TERMIER, et dans l'Adrar mauritanien fait partie de la faune de Charania, qui suggère le Llandovery supérieur ou le Tarannon inférieur (M. NICKLÈS, 1947).

***Rastrites peregrinus* BARRANDE, 1850**

Niveau 16

En Bohême, où elle a été définie, cette espèce a donné son nom à la deuxième zone des *Diplograptus* beds (E₁ α) (J. PERNER et O. KODYM, 1922, p. 56), où elle se trouve associée comme au Zemmour avec des espèces telles que *C. scalaris*, *M. lobiferus*, *D. palmeus*. En Angleterre, elle est connue aux Midlands dans le Llandovery supérieur (E. HAUG, 1930, p. 649). Elle existe aussi à la base du Gotlandien de Bretagne (*ibid.*, p. 652) et dans les phthanites d'Anjou attribués par Ch. BARROIS (1892, p. 154) à l'Upper Birkhill.

D'après G. WATERLOT (1945), c'est une espèce des zones 19-21. Au Maroc elle est connue dans la région d'Oudjda, dans le Haut-Atlas central (L. GENTIL) et dans le Llandovery supérieur de Tamlelt (L. DOLLE). Enfin M. DURAND DELGA (1955) la signale dans la partie supérieure du Llandovery de Kabylie (Algérie).

***Climacograptus rectangularis* (Mc Coy, 1850)**

Pl. XXVI, fig. 6

Niveau 16

En Grande-Bretagne, cette espèce a une assez grande extension verticale, puisqu'elle s'étale des zones 16 à 19. Ch. BARROIS (1892, p. 132) la cite dans les Ardennes, à la base du Llandovery. Au Maroc elle a été signalée à Tamlelt dans le Llandovery supérieur (L. DOLLE), et dans le Maroc central (H. TERMIER) également dans le Llandovery.

***Climacograptus minutus* CARRUTHERS, 1868**

Niveau 16

C'est un Graptolite du Llandovery inférieur (zones 17-18) d'Angleterre, rarement cité en Afrique.

***Climacograptus scalaris* var. *normalis* LAPWORTH, 1877**

Niveau 16

Cette espèce débute en Angleterre plus tôt que les précédentes, puisqu'elle y est connue de la zone 15 à la zone 19, donc de l'Ashgill au Llandovery moyen. De même en Scanie, elle est connue dès la base du Llandovery (*Rastrites* shale) (G. REGNELL, 1960, p. 26). On la connaît également dans le Llandovery de Bretagne (E. HAUG, 1930, p. 652), d'Anjou (Ch. BARROIS, 1892, p. 153), de l'Ardenne (*ibid.*, p. 132; Lex. strat., fasc. 4a I) dans l'assise de Grand Manil. Sans préciser la variété, P. GEVIN (1960 [1958]) signale l'espèce sur le bord sud du synclinal de Tindouf, dans la coupe de Mlehas. Enfin, cette variété est très fréquente dans le sillon intra-tassilien, au Nord de l'Ahaggar.

***Petalograptus palmeus* var. *latus* (BARRANDE, 1850)**
Pl. XXVI, fig. 5 Niveau 16

Ce Graptolite a été défini en Bohême, où il se trouve dans le E., dans la zone à *Rastrites linnei*, juste au-dessus de la zone à *R. peregrinus* (couches de Želkovice) (J. PERNER et O. KODYM, 1922). En Angleterre, c'est un fossile des zones 19 et 20. En Bretagne il est signalé par F. KERFORNE (1915, p. 191) à la base du Gotlandien, ainsi que par Ch. BARROIS (1892, p. 165) dans les ampélites de Poligné. En Espagne on le trouve dans le Llandovery de Catalogne (Ch. BARROIS, 1902), associé à *M. lobiferus*.

Ce Graptolite est largement répandu en Afrique : Llandovery supérieur du Maroc central (H. TERMIER, 1936, p. 241), Monts d'Ougarta (A. POUEYTO, 1952, p. 38), Mouydir (J. FOLLOT, 1952, p. 21). Il est même connu jusqu'en Guinée, à Ouassadou.

***Diplograptus (Glyptograptus) tamariscus* NICHOLSON, 1868**
Pl. XXVI, fig. 8 Niveau 16

Cette espèce du Llandovery est connue en Grande-Bretagne dans les zones 18 à 21 (ELLES et WOOD). En Belgique, on la retrouve dans la bande de Sambre et Meuse, dans les schistes du Ravin du Bois de Presles, dans la zone à *Monograptus gregarius* (Lex. strat., 1957, vol. I, 4a I, p. 330), c'est-à-dire la zone 19. En Scanie, ce Graptolite offre une large extension verticale dans le *Rastrites* shale (Llandovery) (G. REGNELL, 1960, p. 26). Au Maroc, H. et G. TERMIER (1950) le signalent dans le Llandovery de la région d'Oudjda.

***Retiolites (Plegmatograptus) obesus* (LAPWORTH, 1877)**
Pl. XXVI, fig. 7 Niveau 16

Cette espèce du Tarannon inférieur de Grande-Bretagne (zone 22), se retrouve en Allemagne et en Bohême. Au Maroc, elle est connue dans la région d'Oudjda.

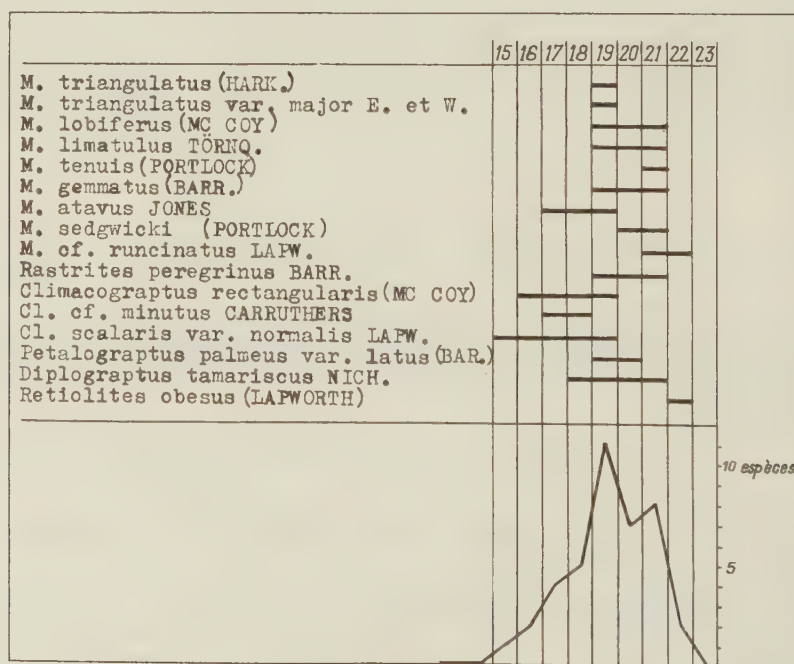


FIGURE 52. — Extension verticale en Grande-Bretagne des espèces de Graptolites rencontrées au Zemmour dans le niveau 16

Toutes les faunes de Graptolites groupées ici dans le niveau 16 semblent bien appartenir à un niveau précis, car elles contiennent toutes *M. triangulatus*. Dans cette association, c'est à la zone 19 de ELLES et WOOD que se rapportent le maximum d'espèces (fig. 52), soit 11 sur 16. Les subdivisions

de Grande-Bretagne sont certes trop fines pour avoir une valeur mondiale. On remarquera toutefois ici une assez grande homogénéité de la faune. Comme en Bohême (J. PERNER et O. KODYM, 1922) et en Bretagne (F. KERFORNE, 1915), on retrouve au Zemmour l'association *R. peregrinus*, *Cl. scalaris* et *M. lobiferus*. Toutefois on observe ici l'association de trois *Monograptus* qui, en Bohême, caractérisent trois zones successives : *M. triangulatus*, *M. lobiferus* et *M. sedgwicki*.

Cette faune permet donc d'affirmer que le niveau 16 des schistes à Graptolites correspond approximativement à la zone 19 de Grande-Bretagne, c'est-à-dire à la zone à *M. gregarius*, dont la partie moyenne est caractérisée par la sous-zone à *M. triangulatus*. Il s'agit donc du Llandovery moyen, mais ce terme est plutôt utilisé pour le faciès coquillier (shelly facies). Il vaudrait donc mieux parler du Middle Birkhill shales (graptolitic facies) qui appartient au Valentien inférieur. Par comparaison avec la Bohême, cette faune correspond à la partie moyenne des couches de Želkovice (zones à *M. triangulatus* et à *M. lobiferus*) ou $E_1 \alpha$ de PERNER. Enfin la plupart des espèces citées se retrouvent en Afrique du Nord, dans des niveaux analogues.

2° Faune des calcaires gypseux à petites « Rhynchonelles » (Niveau 17)

Dans ce niveau, les individus sont très nombreux, mais de très petite taille et le nombre d'espèces très réduit. La faune comprend :

BRACHIOPODES : « *Retzia* » *baylei* DAVIDSON, *Camarotoechia* sp. e.g. *nucula* (SOWERBY);
ANNELIDES : *Cornulites* sp.

« *Retzia* » *baylei* DAVIDSON, 1848
Pl. XXVII, fig. 4-5-6 Niveau 17

Ce Brachiopode est courant en Angleterre dans le Wenlock limestone de Sedgley, Wenlock Edge, Benthall Edge, Dudley, etc., c'est-à-dire dans la partie supérieure du Wenlock. D'après Th. DAVIDSON (1866-1871), « il est commun dans le calcaire de Wenlock dans toutes les localités dans lesquelles *R. salteri* se trouve et est très certainement une variété naine dans cette espèce ». Il est également signalé dans les Provinces baltiques (Lode, Kastl, Sandel, etc.), en Scanie (Öved Ramsåsa séries, Ludlow supérieur) (G. REGNELL, 1960) et à Gotland (Eke marl, Ludlow moyen) (J. E. HEDE, 1960).

Camarotoechia sp. e.g. *nucula* (SOWERBY, 1839)
Pl. XXVII, fig. 1-3 Niveau 17

C. nucula est une espèce qui offre en Angleterre une large extension depuis le Llandovery inférieur jusqu'au Ludlow supérieur (Th. DAVIDSON, 1866-1871). On la trouve notamment dans le Wenlock limestone, à Wenlock Edge et à Dudley, associée, comme au Zemmour, à l'espèce précédente. Dans l'Ardenne, elle est signalée par E. ASSELBERGHS (1930) dans le Gedinnien. P. COMTE (1938) la cite également dans le Dévonien d'Espagne. En Scanie et à Gotland, on la trouve associée à *R. baylei*. Dans l'île de Gotland, c'est une espèce du Ludlow inférieur et moyen. Au Maroc, G. et H. TERMIER (1950) la signalent dans la Chaouïa sud, depuis le Gotlandien jusqu'au Couvinien inférieur.

Cornulites sp.
Pl. XXVII, fig. 17 Niveau 17

Cet Annélide tubicole n'a été rencontré jusqu'ici qu'en un seul point (voir p. 223) près d'Aguelt el Fiadh, où il est assez abondant. H. TERMIER (1936, p. 226) signale ce genre au Maroc central à Triq el Relem, dans un niveau qu'il attribue au E_2 de Bohême. G. et H. TERMIER (1950) en font une nouvelle espèce, *C. scalaris*, qu'ils situent dans le Ludlow. A Gotland, J. E. HEDE (1960, p. 74) cite *Cornulites scalariformis* dans le Mulde marl du Wenlock supérieur. Le genre *Cornulites* va de l'Ordovicien au Pennsylvanien.

Cette faunule n'apporte donc pas de grande précision sur l'âge du niveau 17. Toutefois il n'est pas impossible qu'elle appartienne au Wenlock.

Camarotoechia sp. e. g. *borealis* (SCHLOTHEIM, 1832)
Pl. XXVII, fig. 7-10 Niveau 18

En réalité ce Brachiopode est également connu en Afrique. Suivant L. CLARIOND (1933), on le rencontrerait dans le Ludlow de la région de Taouz. Sur le bord sud du bassin de Tindouf, P. GEVIN (1960 [1958]) le signale un peu au-dessous des niveaux à *M. priodon*, du long de la piste Tindouf - Bir Mogrein. M. ALIA MEDINA (1949a), qui le cite et le figure également, l'a trouvé dans le Gotlandien au Nord d'Erguegua (El Rgheoua). Plus au Sud encore, dans l'Adrar mauritanien, il est connu dans les grès d'Aïoun Lebgar que D. LE MAITRE (1952c, p. 304) situe à un niveau élevé du Wenlock. C'est donc une espèce qui a une assez large extension verticale.

***Cardiola interrupta* BRODERIP, 1834**
Pl. XXVII, fig. 13 Niveaux 18 et 20

En Bohême, c'est une espèce du E_2 (Ludlow) pour BARRANDE; or d'après la révision de J. PERNER et O. KODYM (1922, p. 65), on la trouve dans tout le Ludlow, mais aussi dans les faciès calcaires du E_1 , c'est-à-dire dans les couches de Motol (Wenlock). Donc, malgré sa large répartition verticale, c'est surtout une espèce du Wenlock.

En Afrique elle est bien connue également, au Maroc, entre les zones 22 et 36 de ELLES et WOOD, notamment au Maroc central, dans la Chaouïa sud et le SE marocain (H. et G. TERMIER, 1950); dans les chaînes d'Ougarta (A. POUÉYTO, 1952, p. 41), où elle est associée à *Monograptus colonus* et *M. nilssoni* (zone 33 de Grande-Bretagne, Ludlow inférieur); sur le bord sud du synclinal de Tindouf (P. GEVIN, 1958), associée à *M. priodon*; au Sahara espagnol (M. ALIA MEDINA, 1949a, p. 41) et jusqu'en Guinée à Tombouya.

Monograptus priodon (BRONN, 1835)
Pl. XXVII, fig. 11 Niveau 18

Cette espèce se présente, au Zemmour, dans des miches calcaires, dans un état de conservation magnifique. Les rhabdosomes sont conservés en relief. En plaque mince (Pl. XI, fig. 1-2), la forme et la structure du rhabdosome sont visibles; on observe en particulier la « couche noire » de Perner (G. WATERLOT, 1945, fig. 70). La disposition parallèle de tous les rhabdosomes (Pl. XXVII, fig. 11) indique probablement l'existence d'un courant sur le fond marin, fait déjà signalé dans les chaînes d'Ougarta par A. POUYTO (1952, p. 41 et 47). Ce Graptolite universellement connu présente une assez grande extension verticale. En Grande-Bretagne, il va de la zone 22 à la zone 29, c'est-à-dire qu'il est présent dans tout le Tarannon et la majeure partie du Wenlock (Valentien supérieur et Salopien inférieur). On le rencontre plus souvent

que d'autres Graptolites dans les faciès calcaires. C'est une espèce Tarannon-Wenlock, connue par exemple en Bretagne (F. KERFORNE, 1915), notamment à Poligné (Ch. BARROIS, 1892), en Normandie et au Languedoc (*ibid.*), dans la Montagne Noire, dans les Pyrénées orientales (P. CAVET, 1958), en Sardaigne et en Pologne. En Normandie on le rencontre dans le calcaire de Feuguerolles attribué à la base du Wenlock (Lex. strat., 1957, vol. I, fasc. 4 a I, p. 183) et dans la même assise, en Anjou. En Scanie, il est connu dans le Llandovery terminal et à la base du Wenlock (G. REGNELL, 1960); à Gotland dans le Wenlock (Slite group) (J. E. HEDE, 1960). En Bohême il s'étale sur quatre zones qui constituent les *priodon* beds ($E_1 \beta$ de J. PERNER) : zones à *M. spiralis*, à *Cyrtograptus murchisoni*, à *C. insectus* et à *M. riccartonensis* (J. PERNER, 1922), qui appartiennent à la partie moyenne des couches de Motol (Gala et Wenlock). En Catalogne, il est cité par Ch. BARROIS (1902) dans l'étage de Gracia (Wenlock).

Monograptus priodon est également bien connu en Afrique. Pour H. TERMIER (1936, p. 287; 1950), au Maroc ce serait une espèce du Tarannon, connue dans le Maroc central, l'Anti-Atlas (G. CHOUBERT, 1952, p. 116), la région d'Oudjda, et les confins algériens. A. POUYTO (1952a, p. 39), dans les chaînes d'Ougarta, le situe vers le sommet du Tarannon où il est déjà associé à des espèces du Wenlock. Plus près du Zemmour, P. GEVIN (1960 [1958]) le signale sur le bord sud du bassin de Tindouf, à 20 m au-dessus du toit des grès ordoviciens, associé comme au Zemmour à *C. borealis* et *C. interrupta*. Enfin il est connu jusqu'en Guinée dans les schistes de Télimélé (G. LECOINTRE et P. LEMOINE, 1924). On peut dire pour résumer que c'est une espèce Tarannon-Wenlock inférieur.

Sur le bord sud du bassin de Tindouf, H. et G. TERMIER (1950) décrivent une var. *chouberti* à thèque enroulée en crosse, conservée également en relief dans un calcaire. Ils placent cette variété à la limite Tarannon-Wenlock, sans en préciser la raison.

Enfin ce niveau contient plusieurs espèces d'*Orthoceras* qui n'ont pas encore fait l'objet de déterminations précises. Selon M. ALIA MEDINA (*ibid.*, p. 41 et Pl. 24) il s'agirait principalement de l'espèce *O. repelitum* BARR.

4° Faune des calcaires bleu noir fétides à Lamellibranches (Niveau 20)

Ce niveau comporte encore une faune très abondante, mais pauvre en espèces, de Lamellibranches, Gastéropodes et Céphalopodes :

LAMELLIBRANCHES : *Cardiola interrupta* BRODERIP, *Dualina secunda* BARRANDE, *Panenka* sp., *Vlasta* sp.; GASTEROPODES : *Platyceras* sp. (Pl. XXVII, fig. 12); CEPHALOPODES : « *Orthoceras* » sp. I, « *Orthoceras* » sp. II (Pl. XXVII, fig. 16).

Nous avons vu précédemment que *C. interrupta* était une espèce essentiellement du Wenlock, mais également présente au Ludlow inférieur.

Dualina secunda BARRANDE, 1881
Pl. XXVII, fig. 15 Niveau 20

Cette espèce est connue en Bohême, où d'après J. PERNER et O. KODYM (1922, p. 65) elle se rencontre non seulement dans le E_2 de BARRANDE mais également dans la partie supérieure du E_1 . C'est-à-dire qu'on la trouve dans le Wenlock et le Ludlow.

Vlasta sp.
Pl. XXVII, fig. 14 Niveau 20

Cette *Vlasta* sp. rappelle beaucoup la figure de G. et H. TERMIER (1950, Pl. CLXVII, fig 35-36) d'une *Vlasta* sp. du Maroc. Les *Vlasta* sont abondantes dans le E_2 de Bohême.

Cette faune ne peut pas fournir un âge précis, mais elle rappelle, par la répartition des genres, la base du E_2 de Bohême. Ceci est peut-être dû à une simple convergence de faciès, l'âge pouvant être différent.

5° *Faune des calcaires à entroques à Scyphocrinus elegans et Orthoceras cf. bohemicum*
(Niveau 21)

C'est à ce niveau qu'apparaissent brusquement les *Scyphocrinus* qui prennent tout de suite un extraordinaire développement. Là encore la faune reste pauvre en espèces :

Orthoceras cf. bohemicum BARRANDE, *Orthoceras* sp., *Bathmoceras* sp., *Scyphocrinus elegans* ZENKER.

La répartition de *Scyphocrinus elegans* sera étudiée plus loin dans le niveau 23, où ce fossile est beaucoup mieux conservé.

« *Orthoceras* » cf. *bohemicum* BARRANDE, 1866
Pl. XXVIII, fig. 2 Niveau 21

Cet Orthocère caractérisé par de gros anneaux obliques se trouve au Zemmour toujours dans ce niveau, associé à *Sc. elegans*. En Bohême, BARRANDE en faisait une espèce du E₂ (Ludlow); mais d'après J. PERNER et O. KODYM (1922, p. 64), c'est aussi une espèce du E₁ (couches de Motol). C'est donc un fossile du Wenlock et du Ludlow. Il est également connu dans le Maine, dans l'assise de Feuguerolles (A. DE LAPARENT, 1883, p. 699) associé à *M. priodon* et *C. interrupta* (Wenlock inférieur); dans les Pyrénées de Haute-Garonne (Lex. strat., 1957, vol. I, fasc. 4aI, p. 314), dans le calcaire à Orthocères attribué par J. P. DESTOMBES (1952) au Wenlock inférieur; dans les Pyrénées orientales (P. CAVET, 1958); en Espagne, à San Sebastián (province de Lérida en Catalogne) associé, comme au Zemmour, à *Sc. elegans*.

En Afrique, cet Orthocère a rarement été cité. E. ROCH (1930, p. 135) le signale dans le Gotlandien supérieur du Haut-Atlas occidental. Ceux cités et figurés par G. et H. TERMIER (1950) proviennent du Zemmour (Nord de Maaziata) et ne sont pas repérés stratigraphiquement.

D'autres Orthocères existent dans ce niveau, mais n'ont pas été déterminés spécifiquement.

Bathmoceras sp.
Pl. XXVIII, fig. 1 Niveau 21

Ce Céphalopode est assez rare au Zemmour. Il semble identique à l'espèce citée et figurée par G. et H. TERMIER (1950, fasc. III, p. 40, Pl. CXXXIII, fig. 1-5), qui provient du Ludlow d'Ougarta.

6° *Schistes à empreintes d'Avicula cf. scala*
(Niveau 22)

Ces schistes ont livré une faunule de Lamellibranches à l'Ouest de la Gara Bouya Ali :

LAMELLIBRANCHES : *Rhombopteria* cf. *mira* (BARRANDE), *Leptodesma* cf. *carens* (BARRANDE), *Praecardium* sp.; COELENTERES : *Favosites* sp. e. g. *fidelis* BARRANDE.

Les deux Lamellibranches ont des tests fragiles et sont conservés dans les schistes. Le Polypier se trouve également dans les schistes et annonce le faciès sus-jacent.

Leptodesma carens (BARRANDE, 1881)
Niveau 22

Cette espèce est connue en Bohême dans le E₂, dans diverses localités (Lockhow, Karlstein, Dworetz et Kozorz).

Rhombopteria cf. *mira* (BARRANDE, 1881)
[Synonyme de *Avicula* cf. *scala* (BARRANDE)]
Pl. XXVIII, fig. 4 Niveau 22

Ce Lamellibranche est connu dans les couches de Budňany de Bohême (E₂ ou Ludlow inférieur et moyen). Au Zemmour, il est encadré par deux niveaux à *Sc. elegans*.

7° Calcaire à Lobolithes, à Scyphocrinus elegans et Panenka bohémica
(Niveau 23)

Ce niveau est un des plus fossilifères du Gotlandien; les Polypiers, Lamellibranches, Gastéropodes, Céphalopodes et Crinoïdes sont très bien conservés. L'association relevée est la suivante :

COELENTERES : *Favosites* sp. e. g. *fidelis* BARRANDE; LAMELLIBRANCHES : *Panenka bohémica* BARRANDE; GASTÉROPODES : *Platyceras anguis* (BARRANDE), Pl. sp. I, Pl. sp. II (Pl. XXVIII, fig. 8); CEPHALOPODES : *Orthoceras* sp.; CRINOIDES : *Scyphocrinus elegans* ZENKER.

***Favosites* sp. e. g. *fidelis* BARRANDE, 1902**
Pl. XXIX, fig. 1-2 Niveaux 22 et 23

Déjà annoncé par quelques spécimens dans les schistes 22, ce Polypier devient assez courant dans le niveau 23 à lobolithes. C'est la première apparition des Polypiers au Zemmour. Cette espèce, en Bohême, est également du Ludlow, dans le E₂ de BARRANDE (couches de Budňany) où elle est associée à d'autres *Favosites* et à des *Heliolites*.

C'est à cette époque que font leur apparition les premières manifestations récifales au Zemmour, alors que dans les Midlands anglais et dans l'île de Gotland, *Favosites* et *Halysites* pullulent déjà au Wenlock (calcaire de Dudley). Au Maroc, le faciès récifal apparaît dans la Chaouïa sud, au Nord de la chaîne calédonienne, au Ludlow inférieur à *Favosites tachlowitzensis* BARR. Cette tendance subrécifale de la faune du Zemmour est corroborée par la présence de Bryozoaires (Fistuliporidés ou Héliolitidés ?).

***Panenka bohémica* BARRANDE, 1881**
Pl. XXIX, fig. 4 Niveau 23

En Bohême ce grand Lamellibranche se rencontre dans le Ludlow inférieur et moyen (couches de Budňany). En Afrique il est signalé avec *Sc. elegans* et *P. anguis* dans l'Adrar n'Dgout par M. GIGOUT (1937).

***Panenka* cf. *princeps* BARRANDE, 1881**
Niveau 23

Voisine de la précédente, cette espèce lui est associée en Bohême dans le E₂. Elle est également signalée par G. et H. TERMIER au Maroc central.

D'une façon plus générale, en Afrique du Nord, les *Panenka* sont très fréquentes dans la partie terminale du Gotlandien : Haut-Atlas, Maroc central, chaînes d'Ougarta (A. POUEYTO, 1952, p. 46).

***Platyceras anguis* (BARRANDE, 1903)**
[Synonyme de *Acroculia anguis*]
Pl. XXVIII, fig. 5 à 7 Niveau 23

En Europe ce Gastéropode se trouve dans les couches de Budňany, ou E₂ de BARRANDE (Ludlow inférieur et moyen), et également en Catalogne.

En Afrique, c'est une espèce courante au Maroc : dans le Gotlandien supérieur de l'Adrar n'Dgout, associée à *Sc. elegans* et *Panenka bohémica* (M. GIGOUT, 1937); dans le Haut-Atlas; dans le Ludlow du Tafilelt. Par contre elle n'a jusqu'ici pas été signalée dans la Saoura et sur le rebord sud du synclinal de Tindouf, où la faune à *Sc. elegans* semble faire défaut et correspondre à une lacune (P. GÉVIN, 1958).

D'autres *Platyceras* se rencontrent dans ce niveau mais n'ont pas pu être déterminés spécifiquement. Notamment l'espèce de la fig. 8 de la Pl. XXVIII, qui ressemble beaucoup à des figurations de *Platyceras* sp. (in G. et H. TERMIER, 1950, Pl. CXXIII, fig. 9-12 et fig. 23) associés comme au Zemmour à *P. anguis* dans l'Adrar n'Taoustine et au Tafilelt.

***Scyphocrinus elegans* ZENKER, 1833**
Pl. XXIX, fig. 3; Pl. XXX, fig. 1 à 7 Niveaux 21 et 23

Ce Crinoïde prend au Zemmour un développement extraordinaire dans les niveaux 21 et 23, et c'est l'accumulation de ses débris de tiges, de lobolithes, de calices et de pinnules qui constitue les calcaires de ces deux niveaux. Dans le niveau 23, des couches de lobolithes presque contigus s'observent au Nord.

En Bohême, cette espèce, décrite par J. BARRANDE, est cantonnée dans les calcaires bitumineux cristallins de la partie supérieure des couches de Budňany, c'est-à-dire dans les couches de Přidolí du Ludlow moyen (F. PRANTL et A. PRIBYL, 1948). A. DE LAPPARENT (1883, p. 695) cite également *Sc. elegans* dans le calcaire ampéliteux de Feuguerolles; mais le Lexique stratigraphique (1957, vol. I, fasc. 4 a I, p. 183) ne cite pas ce fossile dans cette assise, qu'il date de la base du Wenlock. On le connaît aussi dans la Montagne Noire (Lex. strat., *ibid.*, p. 78) dans le Ludlow; dans les Hautes-Pyrénées, où l'on trouve les lobolithes (A. DE LAPPARENT, 1883, p. 699); dans les Pyrénées orientales, où il a été décrit par G. WATERLOT (1931) et P. CAVET (1958) et où, d'après ces auteurs, il caractériserait le Wenlock supérieur; en Catalogne, il est signalé dans la province de Lérida, à San Sebastiá, dans des faciès qui rappellent ceux du Zemmour (Musée de l'Ecole des Mines, Madrid). Cette espèce est également connue en Amérique dans le Gotlandien supérieur du Missouri.

En Afrique, elle est aussi très fréquente dans les faciès calcaires de la partie supérieure du Gotlandien : Chaouïa, Maroc central (H. TERMIER, 1936, p. 259, 267, 289); Anti-Atlas, où G. CHOUBERT (1952a, p. 116) la situe dans le Ludlow. Dans l'Adrar n'Dgout, elle est associée, comme au Zemmour, à *Panenka bohémica* et *Platyceras anguis* (= *Acroculia anguis*) suivant M. GIGOUT (1937). Elle est également connue dans le Ludlow du Tafilelt (P. JACQUEMONT, 1955). On la retrouve dans le Sud-algérien, dans le Ludlow des chaînes d'Ougarta, au-dessus de *Monograptus colonus* de la zone 33 (A. POUÉTO, 1952, p. 41), toujours avec d'abondants lobolithes. Sur le rebord sud du synclinal de Tindouf, P. GEVIN ne semble pas avoir rencontré cette espèce, ce qui pourrait s'expliquer par la régression du Ludlow dont parle cet auteur. Enfin M. ALIA MEDINA (1949a, p. 41) l'a également signalée au Sahara espagnol, au Nord d'El Rgheoua, sans préciser sa position stratigraphique exacte.

Nous pensons que ce Crinoïde, qui constituait de véritables prairies marines depuis la Bretagne jusqu'au continent africain, est peut-être un bon repère stratigraphique. Sa position dans le Wenlock moyen, dans les Pyrénées, est peut-être discutable, car dans cette chaîne les affleurements sont très tectonisés. Ailleurs c'est surtout une espèce du Ludlow, et en Bohême du Ludlow moyen. Une étude de l'extension verticale précise de ce fossile serait donc intéressante à réaliser.

8° Faunule des schistes à *Avicula glabra*
(Niveau 24)

Cette faunule connue aux Oudeï Sekkoum se résume à :

LAMELLIBRANCHES : *Avicula glabra* MÜNSTER, *Praecardium* sp.; GRAPTOLITES : *Monograptus* sp.

***Avicula glabra* MÜNSTER**
Pl. XXIX, fig. 5 Niveau 24

Cette espèce était attribuée au E₂ (Ludlow inférieur et moyen) par J. BARRANDE. D'après J. PERNER et O. KODYM (1922, p. 65), elle appartiendrait à l'étage E₁ (couches de Motol du Wenlock). *Avicula glabra* est également citée dans la faune du calcaire de la Meignanne, considérée par O. COUFFON (1918) comme du Wenlock, mais que, à la suite de la révision de J. PENEAU (1928), on date actuellement du Ludlow (Lex. strat., 1957, vol. I, fasc. 4 a I, p. 274).

H. TERMIER (1936) cite également cette espèce au Maroc central dans les environs de Ziar (p. 259 et 280). Il place ces « couches à *Avicula glabra* » dans le Middle Ludlow (Aymestry group = zone 36 à *M. leintwardinensis*) (*ibid.*, tabl. V). On peut donc considérer cette espèce comme appartenant surtout au Ludlow.

***Praecardium* sp.**
Pl. XXIX, fig. 6 Niveau 24

En Bohême ce genre est fréquent dans le E₂ de BARRANDE (Ludlow), mais déjà connu dans le E₁ supérieur (Wenlock). H. TERMIER (1936, p. 270) le signale dans le Ludlow, associé à *Scyphocrinus elegans* et à des *Panenka*.

Monograptus sp.

Niveau 24

J'ai trouvé dans ce niveau schisteux une unique empreinte mal conservée de Graptolite. A. PHILIPPOT qui l'a étudiée, pense qu'elle a des affinités avec le groupe *priodon*. Vu l'état de conservation très défec-tueux de cet exemplaire unique, et l'extension habituelle de *M. priodon* qui ne dépasse pas le Wenlock nous ne retiendrons pas cette détermination spécifique qui serait assez surprenante au-dessus des niveaux à *Scyphocrinus* et à *Avicula glabra*. Toutefois la présence de ce Graptolite est intéressante, car elle confirme que le niveau 24 appartient bien toujours au Gotlandien. M. GIGOUT (1951, p. 44-47) au Maroc, et A. POUEYTO (1952, p. 44) à Ougarta, ont signalé *M. riccartonensis*, Graptolite très voisin, associé à *Spirifer inchoans*. A Ougarta cette espèce est située au-dessus des niveaux à lobilithes, dans un Ludlow élevé. Peut-être s'agit-il du même Graptolite au Zemmour ?

B. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA FAUNE GOTLANDIENNE

Comme nous venons de le voir, la faune est riche en individus, mais le nombre d'espèces est limité. Les groupes représentés sont les suivants : Polypiers, Bryozoaires, Brachiopodes, Annélides, Lamellibranches, Gastéropodes, Céphalopodes, Ostracodes, Crinoïdes et Graptolites. Par contre on n'a jamais trouvé un seul Trilobite dans toute la formation, ni même en débris dans les plaques minces.

La répartition de ces groupes est liée aux faciès (voir tableau stratigraphique V). Les schistes 16 ne contiennent que des Graptolites. Les Brachiopodes se trouvent dans les premiers niveaux calcaires; ils disparaissent dans les niveaux à Encrines. Les Crinoïdes apparaissent brutalement au niveau 21 (voir tableau stratigraphique V). Les Orthocères sont abondants dans tous les niveaux calcaires. Les Lamellibranches se trouvent également dans tous les niveaux calcaires, les Gastéropodes surtout dans les derniers. Dans les schistes supérieurs, on trouve des Lamellibranches au test fragile. Les niveaux à Crinoïdes sont bourrés de débris de *Scyphocrinus* et le niveau 23 est caractérisé par l'abondance des lobilithes. Le tableau n° 18 montre la répartition de ces différents groupes.

Les niveaux schisteux 16, 21 et 23 sont des faciès « graptolitiques ». Les niveaux calcaires sont, à la base, constitués de débris de Brachiopodes, de Lamellibranches, d'Orthocères et de Graptolites. Ensuite les calcaires supérieurs sont dus aux prairies à Crinoïdes, dont les derniers représentants ont dû être enfouis assez brutalement, comme le suggère leur état de conservation parfait (Pl. XXX). La présence de quelques Polypiers et Bryozoaires, jointe à celle des Crinoïdes, indique une tendance vers les faciès subrécifaux. Comme l'écrit M. GIGNOUX (1943, p. 68), « il semble que les prairies sous-marines de Crinoïdes aient prospéré surtout dans les eaux riches en calcaire et relativement peu profondes, conditions réalisées sur les plates-formes sous-marines au large des récifs coralliens ». Cette succession est très générale au Gotlandien, si souvent schisteux et pélagique à la base, puis à tendance plus calcaire et plus récifale vers le sommet (Midlands, Bohême). Les caractères de la faune permettent donc de se faire une idée des conditions de sédimentation, d'abord pélagiques, puis plus côtières, puis à tendance subrécifale.

Par contre l'interprétation des schistes à Graptolites est plus difficile. On considère généralement qu'il s'agit de sédiments pélagiques, ce qui n'implique d'ailleurs pas des fonds profonds. Mais ces animaux flottant, ils peuvent aussi se trouver dans d'autres milieux marins, même dans les estuaires (A. W. GRABAU et M. O'CONNEL, 1917). Ce sont surtout les conditions sédimentologiques (absence de clastiques), liées à l'absence d'autres faunes, qui permettent de penser à une mer calme, aux fonds réducteurs, et trop peu aérée pour laisser vivre d'autres organismes que des animaux flotteurs.

Faune :	pélagique	subrécifale		néritique						
		Graptolites	Coelentérés Bryozoaires	Crinoïdes	Brachio- podes	Annélides (Cornulites)	Lamelli- branches	Gastéro- podes	Céphalo- podes	Trilo- bites
LUDLOW	Niveaux Zemmour									
	24									
	23									
	22									
WENLOCK	21									
	20									
	19									
	18									
LANDOVERY ? TARANNOU ?	17									
	16									

TABLEAU n° 18
Répartition des différents « groupes » d'organismes au cours du Gotlandien
(en hachures, les groupes représentés).

C. — DISCUSSION SUR L'AGE DES DIFFÉRENTS NIVEAUX

Les faunes de Graptolites reconnues jusqu'ici au Zemmour sont très limitées. Elles ne permettent donc pas d'établir comme en Angleterre ou en Bohême une stratigraphie serrée et rigoureuse par zones, basée sur l'évolution de ces organismes. Nous venons de voir que les faunes étaient dans une certaine mesure liées aux faciès. Les subdivisions ne pourront donc qu'être approximatives.

Le niveau des schistes argileux à *M. triangulatus* (16) contient vers sa base une faune de Graptolites que l'on peut assimiler à la zone 19 de Grande-Bretagne, à *Monograptus triangulatus* (19b), c'est-à-dire au Middle Birkhill shales, du Valentien inférieur (équivalent, pour le graptolitic facies, du Llandovery moyen réservé au shelly facies).

G O T L A N D I E N	LUDLOW MOYEN ET INFÉRIEUR	24	<i>Schistes argileux noirs</i> à <i>Avicula glabra</i> et à <i>Monograptus sp.</i>
		23	<i>Calcaires</i> à <i>lobolithes</i> de <i>Scyphocrinus elegans</i> , à <i>Panenka bohémica</i> et à <i>Platyceras anguis</i>
		22	<i>Schistes argileux gypseux</i> à <i>nodules calcaires</i> à <i>Rhombopteria cf. mira</i> (= <i>Avicula cf. scala</i>)
		21	<i>Encrinite bleu noir fétide</i> à <i>débris</i> de <i>Scyphocrinus elegans</i> et à <i>Orthoceras cf. bohemicum</i>
	WENLOCK	20	<i>Calcaires bleu noir fétides</i> à <i>Orthocères</i> , à <i>Cardiola interrupta</i>
		19	<i>Argiles gypsaifères, sulfates, ocre, azoïques</i>
		18	<i>Calcaires bleu noir fétides</i> à <i>Orthocères</i> , à <i>Monograptus priodon</i> et <i>Camarotoechia sp. e.g. borealis</i>
		17	<i>Calcaires gypseux argileux</i> à <i>Retzia baylei</i> , <i>Camarotoechia sp. e.g. nucula</i> et <i>Cornulites</i>
	LLANDOVERY SUP. ET MOYEN	16	<i>Schistes argileux noirs</i> à <i>Monograptus triangulatus</i> , <i>M. lobiferus</i> , <i>Rastrites peregrinus</i> et <i>Petalograptus palmeus</i>

TABLEAU n° 19

Tableau synthétique de la stratigraphie du Gotlandien du Zemmour

Le niveau à petites Rhynchonelles (17) ne permet pas une telle précision. Cette faunule permet toutefois de le placer avec quelque chance dans le Wenlock. Les calcaires fétides à *Camarotoechia borealis* et *Monograptus priodon* (18) peuvent indiquer le Tarannon ou le Wenlock. *M. priodon*, en effet, a une extension verticale assez grande : zones 22 à 29 d'ELLES et WOOD. Les calcaires fétides à *Lamellibranches* (20) ne présentent qu'une faune de « shelly facies » assez imprécise; la répartition des genres rappelle la base du E₂ de Bohême. Elle peut correspondre au Wenlock

supérieur ou à la base du Ludlow. Nous la rangerons dans le Wenlock, où *C. interrupta* offre sa fréquence maxima.

Les encrinites à *Orthoceras bohemicum* et *Scyphocrinus elegans* (21) peuvent indiquer le Ludlow, et plus particulièrement la partie supérieure du E₂ de Bohême. Les schistes à *Avicula* cf. *scala* (22) appartiennent aussi au Ludlow. Les calcaires à lobolithes de *Scyphocrinus elegans*, à *Panenka bohémica* et *Acroculia anguis* (23), niveau repère très fossilifère, indiquent un niveau élevé dans le Gotlandien, vraisemblablement le Ludlow moyen. Les schistes à *Avicula glabra* (24), qui sont juste au-dessus, appartiennent aussi au Ludlow moyen. Il est dommage que l'unique Graptolite trouvé dans ce niveau, et qui exclut pour ce dernier toute éventualité d'âge dévonien inférieur, ne soit pas déterminable, ce qui aurait permis de préciser si l'on a ici comme au Maroc la zone à *M. leintwardinensis*.

Les trois principaux étages du Gotlandien sont donc caractérisés au Zemmour : Llandovery, Wenlock et Ludlow. Il sera intéressant par la suite d'orienter l'étude vers la recherche de nouveaux horizons à Graptolites, notamment dans le niveau 16 et dans les schistes 22 et 24, afin de mieux préciser les zones de Graptolites, surtout dans le Ludlow, par la découverte d'espèces supplémentaires.

CHAPITRE IV

SYNTHÈSE STRATIGRAPHIQUE

A. — STRATIGRAPHIE PROPOSÉE POUR LE GOTLANDIEN DU ZEMMOUR

Les résultats des études stratigraphiques, pétrographiques et paléontologiques sur le Gotlandien sont tous groupés sur le tableau stratigraphique IV; ceci permet d'établir en entrée de ce tableau les principales subdivisions adoptées localement. Par ailleurs cette synthèse générale est schématiquement présentée dans le tableau n° 19.

Au Zemmour, le Gotlandien daté paléontologiquement débute au Llandovery moyen (ou mieux au Valentien inférieur, Middle Birkhill shales), exactement à la zone 19 à *Monograptus gregarius* et *M. triangulatus* de ELLES et WOOD. C'est le niveau 16 de l'échelle stratigraphique locale, caractérisé par une belle association de Graptolites, parmi lesquels *M. triangulatus*, *M. lobiferus*, *Rastrites peregrinus* et *Petalograptus palmeus* var. *latus*. La partie supérieure de ces schistes, qui n'a pas livré de faune jusqu'à maintenant, pourrait correspondre au Tarannon.

Ces schistes sont surmontés par un niveau de calcaire gypseux (niveau 17) à *Retzia baylei* qui pourrait marquer la base du Wenlock. Des niveaux de calcaires en miches puis en bancs (18), à *Camarotoechia* sp. e. g. *borealis* et *Monograptus priodon*, indiquent un Wenlock très probable. Le niveau 19 marque le retour à des faciès gypseux azoïques dont la nature en profondeur est peut-être différente.

Le niveau 20 de calcaires bleu noir fétides à *Cardiola interrupta* appartient probablement toujours au Wenlock. Avec le niveau 21 apparaissent brusquement les encrinites à *Scyphocrinus elegans*. C'est cette limite 20/21 que nous adopterons comme limite du Wenlock et du Ludlow (ou du Salopien inférieur et supérieur). En l'absence d'une limite précise définie par des Graptolites, cette séparation est commode, car elle correspond au passage brutal du microfaciès lumachellique au microfaciès à encrines. Ces calcaires à entroques, à *Orthoceras bohemicum*, ont une faune réduite et ce n'est qu'avec une certaine réserve qu'on peut, faute de Graptolites, les attribuer au Ludlow inférieur. Le Ludlow se poursuit par des schistes à *Rhombopteria mira* (22) qui sont surmontés par des bancs de calcaires argileux à lobolithes de *Scyphocrinus elegans* (23). Ce dernier niveau, qui contient l'association *Panenka bohémica*, *Platyceras anguis* et *Scyphocrinus*, correspond au Ludlow moyen.

Les schistes à *Avicula glabra* (24), qui terminent la série fossilifère, appartiennent toujours au Ludlow. Ils contiennent encore quelques rares Graptolites, malheureusement indéterminables.

Le Gotlandien débute donc par des « graptolitic facies » comme le Valentien d'Angleterre. Il se poursuit, comme le Wenlock des Midlands par des « shelly facies », mais avec une faune beaucoup moins variée. Le retour à des schistes vers le sommet n'est qu'accessoire et s'accompagne d'une certaine tendance à des faciès subrécifaux, comme en témoigne la présence de quelques Tabulés et Bryozoaires.

Cette stratigraphie du Gotlandien du Zemmour présente donc beaucoup d'analogies avec celle de Bohême et celle, en Grande-Bretagne, du district du Shropshire. Si elle paraît ainsi assez bien définie, des recherches plus poussées sur les faunes permettront probablement de mieux préciser par la suite les différentes subdivisions, et par exemple de définir le Tarannon vers le haut du niveau 16, grâce à la découverte de nouveaux horizons à Graptolites.

Du point de vue lithologique, nous avons vu que la série gotlandienne est presque entièrement dépourvue de clastiques. Elle débute au Valentien moyen par des schistes noirs, tirant sur les « black shales », à caractère fortement réducteur; ces schistes se seraient déposés dans un milieu anaérobique calme, où la vie n'était guère possible, ce qui explique une faune limitée à des organismes flotteurs. La série se poursuit par des gypses, d'autres sulfates, des argiles ferrugineuses et des ocres, dont la véritable nature en profondeur nous échappe et qui pourraient être des roches analogues aux précédentes mais pyriteuses et oxydées.

Les calcaires du Wenlock sont constitués par des débris de tests de Brachiopodes, Lamellibranches, etc, très peu roulés, à odeur fétide, indiquant toujours un milieu réducteur. Ceux du Ludlow sont constitués par l'accumulation des débris des « prairies » à Crinoïdes. La série se termine au Ludlow par des schistes noirs, toujours avec des intercalations d'encrinite, annonçant un retour aux conditions de dépôts initiales plus franchement réductrices (voir conditions de sédimentation, p. 239).

Ce Gotlandien est donc une formation franchement marine, voire pélagique, mais sans doute pas très profonde, qui s'est sédimentée dans un milieu très calme et réducteur. Il ne faut pas espérer retrouver au Zemmour les subdivisions très fines définies en Grande-Bretagne, *en faciès géosynclinal*; en effet les faciès sont plus proches des côtes, et les sédiments se sont accumulés de façon probablement plus irrégulière, plus sporadique, sur une épaisseur qui ne dépasse pas 100 m.

B. — COMPARAISONS ET RELATIONS AVEC LES RÉGIONS VOISINES

Le Gotlandien est connu au Maroc, dans le Sud-algérien, au Sahara espagnol et en Afrique occidentale (Adrar mauritanien, Guinée), donc dans toutes les régions qui environnent le Zemmour. Ceci nous permettra d'établir des corrélations avec ces régions et de mieux situer le Gotlandien local dans le contexte régional.

1° *Corrélations avec le Maroc*

Le Gotlandien au Maroc n'a pas encore fait l'objet d'une synthèse d'ensemble. Au Maroc central, H. TERMIER (1936, p. 285) attribue au Gotlandien une puissance approximative de 1 500 m; mais d'après M. GIGOUT (1953, p. 34) cette puissance ne serait que de 500 m. L'étage est concordant sur l'Ordovicien, mais le Caradoc et la zone 16 de ELLES et WOOD (base du Llandovery inférieur) n'ont pas été mis en évidence. La formation débute à la zone 17 par le faciès habituel des schistes noirs à Graptolites, faciès qui persiste jusqu'au Ludlow inférieur inclus. Les faciès calcaires coquilliers, d'abord en nodules puis en bancs calcaires, n'apparaissent qu'au Ludlow moyen. L'étage se termine à l'Ouest, au pays des Sokhrats, par des quartzites (Upper Ludlow).

Dans la « chaîne principale » de la Meseta marocaine (Rehamna, Djebilet), il n'aurait que 100 à 200 m (*ibid.*). Dans les Djebilet orientales, il se présente sous un faciès flysch gréso-calcaire dépassant 1 000 m (*ibid.*). Dans le Haut-Atlas, à l'emplacement de la future chaîne calédonienne, l'accumulation des sédiments, sous ce faciès flysch, est considérable : près de 3 000 m pour l'ensemble

du Gotlandien, dont 500 m pour le seul Llandovery (G. CHUBERT, 1952a, p. 117). Vers le sommet, M. GIGOUT (1937) décrit dans l'Adrar n'Dgout, au-dessus des couches à *Cardiola interrupta*, une encrinite à *Panenka bohémica* et *Orthonychia anguis* tout à fait comparable à notre niveau à lobolites 23.

Dans le domaine de l'Anti-Atlas, les travaux de G. CHUBERT (1952a), P. JACQUEMONT (1955) et H. HOLLARD (1955) nous révèlent une autre province paléogéographique qui borde au Sud le grand géosynclinal calédonien. La puissance du Gotlandien y est encore importante. Ces deux derniers auteurs lui attribuent une épaisseur de 760 m assez constante tout le long du bassin de l'Oued Dra.

Mais dans cette région les premières subdivisions du Gotlandien sont peu puissantes, notamment le Llandovery qui n'a que 40 m. C'est seulement au Wenlock et au Ludlow que la série devient épaisse.

Les schistes du Llandovery débutent habituellement à la zone 19 de ELLES et WOOD, mais à l'Ouest, à l'Aïn Deliouine, H. HOLLARD et P. JACQUEMONT (1956; 1958 [1956], p. 10) ont découvert le Llandovery inférieur à *Mesograptus modestus* (zones 16-18). Dans cette région le Gotlandien débute par des conglomérats à galets de quartz et de granite, indiquant peut-être des mouvements tectoniques.

Au Tarannon, la série reste schisteuse, mais avec à l'Ouest des schistes rouges et des gypses, interprétés par P. JACQUEMONT et H. HOLLARD comme des dépôts lagunaires puissants. Le Wenlock, à *Monograptus flemingi* (zones 30-31) est plus calcaire à l'Ouest qu'à l'Est; il contient des Orthocères et des *Cardiola*. A l'Ouest les bancs calcaires sont surmontés par de nouvelles argiles rouges lagunaires. Le Ludlow (200 à 300 m) est constitué de schistes et de quelques bancs calcaires à *Scyphocrinus elegans*. Au Ludlow moyen des faciès schisteux et même gréseux réapparaissent.

La série gotlandienne du bassin du Dra est donc huit fois plus puissante que celle du Zemmour, mais la succession des faciès y est tout à fait comparable. La transgression gotlandienne aurait débuté plus tôt à l'embouchure du Dra; elle serait devenue très générale au Llandovery moyen (zone 19).

L'observation de puissants schistes rouges, gypses et autres « faciès lagunaires », est à rapprocher des gypses, alunite et ocre des niveaux locaux 17 et 19. Nous avons vu toutefois les réserves qu'il fallait faire, au Zemmour, sur l'origine lagunaire de tels dépôts, tant que ne sera pas connue la nature de telles roches en profondeur.

Les faciès calcaires à Orthocères, à Lamellibranches et à lobolites de *Scyphocrinus*, sont analogues à ceux du Zemmour, mais ils occupent une moins grande place dans l'ensemble de la série (au Zemmour 1/3 environ).

La ressemblance de la succession lithologique est particulièrement frappante avec la région occidentale du Dra (Aïn Deliouine) : argiles rouges et gypses; Wenlock calcaire; retour à la sédimentation schisteuse vers le Ludlow moyen. Ces observations et parallélismes montrent que du Zemmour à l'Anti-Atlas, la mer était vraisemblablement continue. Mais le Zemmour, plus riche en faciès coquilliers, et à subsidence moins marquée, était sans doute plus proche des côtes, tout en présentant encore des faciès pélagiques.

Le jalon intermédiaire que représente le Zini et le Khanfra (Janfra) dans l'ancien territoire espagnol, n'a pas été jusqu'ici caractérisé par des fossiles. Le Gotlandien pourrait être représenté par les schistes argileux azoïques, de couleurs variées, de la sebkha Lamhaguen (Leinhaguen) dont la description (M. ALIA MEDINA, 1949b, p. 301) rappelle la coupe de H. HOLLARD et P. JACQUEMONT à Aïn Deliouine, à seulement 65 km plus à l'ENE.

Dans la partie orientale du Sud-marocain, la puissance du Gotlandien diminue d'Ouest en Est et du Nord au Sud. Dans le Maïder, elle dépasse 600 m. Au Tafilalet, la série gotlandienne est moins puissante, mais les faciès sont identiques avec, toujours vers le sommet, des encrinites à lobolites de *Scyphocrinus elegans*. Au Nord, près d'Erfoud, la série a encore environ 350 m, mais vers le SE elle n'a plus que 170 m à Taouz, toujours avec la même succession de bas en haut : argiles à Graptolites, bancs calcaires à Orthocères et Graptolites, argiles, encrinites, argiles, calcaires à lobolites et *Panenka bohémica* (P. JACQUEMONT, 1955).

Toutefois, dans l'Ouest du Tafilalet, J. DESTOMBES a récemment découvert le Llandovery

inférieur et moyen à Graptolites dans les niveaux supérieurs de la série schisto-gréseuse attribuée jusqu'ici à l'Ordovicien. Fait intéressant, les premiers termes de ce Llandovery inférieur sont de puissance variable et « reposent en *discordance cartographique* sur divers termes de l'Ordovicien. Ils sont d'autant plus épais qu'ils se trouvent sur des termes plus anciens de ce système » (J. DESTOMBES, H. HOLLARD et S. WILLEFERT, 1959). Ils sont dans une situation géométriquement semblable à celle de la série de Garat el Hamoueid, dont nous n'avons pu, faute de fossiles, préciser l'âge ordovicien ou gotlandien inférieur.

Au Gotlandien, le Zemmour, l'Anti-Atlas occidental (bassin de l'Oued Dra) et le Tafilalet appartiennent donc à un même « domaine sud-marocain » largement ouvert au Nord sur la fosse calédonienne. Ce domaine est caractérisé par une subsidence qui va en augmentant de façon régulière vers le NW. La sédimentation est très pauvre en clastiques (sauf à la base), les rivages vers le Sud sont probablement encore assez lointains. Ce domaine est partout marqué au Ludlow inférieur et moyen par la présence d'immenses « prairies » à Crinoïdes (*Sc. elegans*). La constance des caractères lithologiques confirme cette idée d'un seul et unique domaine marin pour tout cet ensemble.

2° *Corrélations avec la bordure sud du bassin de Tindouf*

Le Gotlandien de cette région a été étudié par N. MENCHIKOFF (1930, 1949), M. ALIA MEDINA (1949a, 1949b), J. BOROCO et J. R. LEFÈVRE (1955), C. SALLÉ et autres (1956) et surtout par P. GEVIN (1948; 1960 [1958]). Il est caractérisé, tout le long de cette bordure sud du synclinal de Tindouf, par une beaucoup plus grande irrégularité qu'au Zemmour et dans l'Anti-Atlas. D'après P. GEVIN, la séquence gotlandienne va en s'amenuisant vers l'Est : à 40 km à l'Ouest de la piste de Tindouf à Fort Trinquet, sa puissance est estimée à 120 m, puis à 110 m au droit de cette piste, à 90 m seulement à l'Erg Mabbès, 60 km plus à l'Est. Donc dans cette région, la puissance du Gotlandien est du même ordre qu'au Zemmour.

Il faut toutefois faire une réserve : la limite supérieure de ce Gotlandien, choisie par P. GEVIN, est un conglomérat ferrugineux. S'il s'agit d'un équivalent des conglomérats ferrugineux phosphatés des Oudeï Sekkoum (niveau 32, fig. 61), la séquence mesurée correspondrait non plus au Gotlandien s. str. étudié dans ce chapitre, mais à ce Gotlandien augmenté de la zone de passage et peut-être même du Gedinnien. Les 100 m de Gotlandien du bord sud du bassin de Tindouf seraient alors l'équivalent, non plus des 90 m de Gotlandien du Zemmour, mais de 90 + 145 (+ éventuellement 35 m de Gedinnien), soit 235 m (ou 270 m), auquel cas il y aurait bien, comme l'écrit P. GEVIN, un net amincissement du Gotlandien (*sensu lato*) vers l'Est depuis le Zemmour.

Dans cette région, le Gotlandien est nettement transgressif, puisqu'il repose indifféremment sur les grès « ordoviciens » ou sur le socle précambrien. Il débute plus tard qu'au Zemmour, avec les Graptolites des zones 21-25, conservés dans des niveaux calcaires (transgression du Valentien supérieur : Llandovery supérieur et Tarannon). Les calcaires à *Monograptus priodon* sont à 20 m au-dessus des grès ordoviciens. Au-dessus viennent des argiles azoïques attribuées au Ludlow, qui passent d'Ouest en Est de 95 à 70 m. Une grande différence avec les régions passées en revue précédemment réside dans l'absence, au sein de ces argiles, de banc d'encrinite à *Scyphocrinus elegans*.

Plus à l'Est, la puissance du Gotlandien diminue brusquement, mais P. GEVIN écrit qu'il manque d'arguments pour dire si ce phénomène est dû à la limite de la transgression gotlandienne ou à une érosion antérieure à la transgression du Dévonien inférieur. Remarquons d'ailleurs que dans cette région aucun Graptolite n'a été observé et que la faune de Trilobites, située au-dessus d'une discordance cartographique, pourrait aussi bien représenter un Gedinnien transgressif qu'un Gotlandien qui offrirait brusquement une faune différente, notamment à la coupe de la Gara Kaddour. Cette faune comprend des *Acaste*, *Orthocères*, *Tentaculites*, comme notre faune gedinnienne des Oudeï Sekkoum. *Spirifer* cf. *elevatus* qui se trouve au-dessous est en Grande-Bretagne une espèce du Ludlow supérieur et du Downtonian, niveaux qui dans l'Ardenne, sont déjà considérés comme du Gedinnien (voir p. 291). A la lecture, les descriptions de P. GEVIN évoquent plutôt une transgression gedinnienne avec disparition totale du Gotlandien dans cette région. Mais le Gotlandien

peut fort bien avoir disparu par érosion et non pas par lacune de sédimentation (1). Le fait de trouver les derniers *Monograptus priodon* à 20 km à l'Est de Gara Djebilet, toujours à 20 m au-dessus des grès ordoviciens, nous incite au contraire à croire à la régularité du dépôt gotlandien et à sa disparition par érosion par le haut, avant la transgression du Dévonien inférieur. Enfin sous l'Erg Iguidi, le Gotlandien manquerait totalement, mais le problème est rendu difficile par l'importance des recouvrements récents.

Dans la région de Bou Bernous, on retrouve un Gotlandien normal, d'une puissance de 120 m, qui débute à la zone 19 de ELLES et WOOD avec des argiles à *Climacograptus* cf. *scalaris*, suivies par des calcaires et argiles à *Monograptus priodon*. A 50 km plus au Sud, le Dévonien inférieur est transgressif sur l'Ordovicien. On retrouverait donc là un phénomène analogue à celui observé à l'Est de Gara Djebilet. Quant aux faciès grésos-schisteux de la Gara Sayada, d'abord interprétés hypothétiquement par P. GEVIN comme un Gotlandien à faciès néritique et littoral, il s'est avéré depuis qu'il s'agissait de formations plus anciennes. Tout ceci nous conduit à penser que la notion d'un faciès très réduit et littoral du Gotlandien sur la bordure sud du bassin de Tindouf n'est pas du tout évidente. A l'Ouest (région de la piste impériale), la puissance de l'étage est de 100 m, ce qui est encore d'un ordre de grandeur analogue à sa puissance au Zemmour, même si l'on tient compte de la réserve faite précédemment. Plus à l'Est, sa disparition se fait sans que l'on observe un amincissement des couches : le seul banc repère, à *Monograptus priodon*, reste toujours à une vingtaine de mètres au-dessus du toit de l'Ordovicien. Il se peut donc, quoi qu'on ne puisse en être sûr, que cette disparition du Gotlandien soit due à une érosion par le sommet, érosion antérieure au Dévonien transgressif et discordant.

Rien ne permet donc d'affirmer que sur le bord nord de la Dorsale reguibat, le Gotlandien est réduit et proche des rivages de la mer. Les faciès fins et argileux, parfois gypseux comme au Zemmour, sont l'indication de faciès analogues à ceux que nous connaissons dans tout le domaine du Sud-marocain précédemment défini. Toutefois, l'absence des faunes du Llandovery montre que la transgression y a été un peu plus tardive. Les seuls faciès gréseux et néritiques envisagés par P. GEVIN (1958, Thèse) se sont finalement avérés ne pas appartenir au Gotlandien.

Donc, même dans cette région, le Gotlandien conserve une remarquable constance dans ses faciès et ne diminue que lentement de puissance. Mais les faciès calcaires coquilliers y sont plus réduits et c'est la seule région du domaine où les peuplements de Crinoïdes n'ont pas été signalés (peut-être ont-ils d'ailleurs disparu dans l'érosion antédévonienne envisagée par P. GEVIN ?).

3° Corrélations avec l'Algérie et le Sud-algérien

Au Nord, à la frontière algéro-marocaine, G. LUCAS (1938, 1942) a signalé et décrit dans les schistes ampélitiques gotlandiens à *Monograptus* et *Retiolites*, des phtanites à Radiolaires qui ne sont pas connus plus au Sud. Plus loin encore, en Kabylie, M. DURAND DELGA a mis en évidence dans sa thèse (1955, pp. 105 et 415) un Gotlandien schisteux discordant sur le Cambro-Ordovicien métamorphique, établissant ainsi dans cette région l'existence de plissements calédoniens probablement taconiques.

Nous nous intéresserons surtout aux travaux de N. MENCHIKOFF (1930) et A. POUETO (1952) dans les chaînes d'Ougarta, de J. FOLLOT (1952) dans l'Ahnnet et le Mouydir, de C. SALLÉ et l'équipe de géologues du B.R.P. (1956) dans le Touat et l'Azzel Matti, de L. LESSARD et J.-P. BERTRAND (1958) dans le bassin de Fort Polignac, et de J.-M. FREULON (1959) dans ce même bassin et au Fezzan.

Dans la région d'Ougarta (A. POUETO, 1952), les faciès du Gotlandien sont essentiellement schisteux; ils débute ici encore à la zone 19 de ELLES et WOOD, avec comme au Zemmour, *Monograptus lobiferus*, au-dessus de grès azoïques qui, là comme ailleurs, peuvent être attribués à l'Ordovicien ou au Llandovery inférieur (2). Plus haut, la série s'enrichit en bancs calcaires et en

(1) Une telle érosion au sommet du Gotlandien est connue au Sahara central à l'Est du 12° méridien (J.-M. FREULON, 1959, Thèse).

(2) Dans leur note précédente, J. DESTOMBES, H. HOLLARD et S. WILLEFERT (1959) pensent que les grès du Ksar d'Ougarta sont l'équivalent des grès du Jbel Aroudane, dont ils viennent de démontrer l'âge llandovery moyen, ce qui confirmerait leur attribution au Llandovery, hypothèse déjà retenue par A. POUETO (1958 [1957], p. 195).

grès, à *Monograptus priodon* et *Cardiola interrupta*, puis en faciès gypseux. Ensuite apparaissent des calcaires à lobolithes de *Scyphocrinus elegans*. Puis la série devient gréseuse avec une faune d'*Acaste*. Au-dessus, les derniers bancs calcaires contiennent encore des *Monograptus rickartensis*, curieusement associés à *Spirifer inchoans*. La faune qui suit, à *Acaste spinosa*, *Spirifer inchoans* et *Cleistopora geometrica*, mériterait une étude comparée avec la faune des Oudeï Sekkoum attribuée au Gedinnien (p. 288).

Donc dans cette région, située à plus de 1 000 km, la succession des faciès est encore très comparable à celle observée au Zemmour : on retrouve notamment les niveaux à *Scyphocrinus elegans* surmontés par des niveaux gréseux.

Si l'on ne tient pas compte des grès d'Ougarta dont l'âge gotlandien n'est pas encore établi, la puissance des subdivisions inférieures du Gotlandien, comme dans tout le domaine du Sud-marocain, est minime par rapport à celle des subdivisions supérieures : Llandovery, Tarannon et base du Wenlock ne totalisent que 15 m, alors que le reste du Wenlock accuse 100 m et le Ludlow a, à lui seul, 800 m (A. ПОВЕРТО, 1952, p. 44). C'est donc une série gotlandienne qui a les mêmes caractères qu'au Zemmour, mais qui est nettement plus puissante, comme dans l'Anti-Atlas.

En allant d'Ougarta vers le SE, la série diminue régulièrement de puissance : 1 000 m à Ougarta, 700 m au NE du Bled el Mass, 350 m au SE de ce même massif, et seulement 200 m dans les Tassilis de Ouallène (C. SALLÉ et autres, 1956, p. 20). Les horizons calcaires disparaissent progressivement vers le Sud pour faire totalement défaut à Ouallène. Ce phénomène est analogue à ce que l'on observe à la bordure sud du bassin de Tindouf et à Bou Bernous.

Pour résumer, on peut dire que toute cette région du Sahara occidental fait partie d'un même ensemble marin dans lequel l'accumulation des sédiments diminue progressivement vers le Sud, avec partout une plus grande puissance des subdivisions supérieures, et disparition des faciès calcaires et des prairies à Crinoïdes dans cette même direction.

Plus à l'Est, dans l'Ahnet et le Mouydir, la même série se poursuit, diminuant d'épaisseur vers l'Est : 700 m dans l'Ahnet et seulement 150 m dans le Mouydir d'après J. FOLLOT (1952). Les intercalations gréseuses, les interruptions dans la sédimentation et les remaniements des couches déposées deviennent fréquents, alors que les faunes sont plus rares. Plus à l'Est encore, dans le bassin de Fort Polignac, L. LESSARD et J.-P. BERTRAND (1958) ont démontré que les argiles gotlandiennes sont cartographiquement discordantes sur les différents termes du « Cambro-Ordovicien » sous-jacent. Au Sud du Hoggar, les argiles à Graptolites se retrouvent encore à 40 km au Nord d'In Azaoua (F. JOULIA, 1959; L. LESSARD, 1959). Enfin J.-M. FREULON (1959, thèse) a montré qu'au Tassili n'Ajjer la série débute encore au Llandovery moyen; il a reconnu également le Ludlow inférieur à *Monograptus dubius* et *M. nilssoni* qui est surmonté par des faciès gréseux à *Harlania*. Au Fezzan le Gotlandien devient psammitique et azoïque. Dans cette région la phase argileuse apparaît beaucoup plus riche en kaolinite qu'au Zemmour (A. OBERLIN et J.-M. FREULON, 1958); ce fait pourrait s'expliquer par une plus grande proximité du continent.

Ces différentes observations nous montrent donc la grande étendue de la mer gotlandienne sur tout le Sud-algérien, mer qui a donné partout naissance à des faciès analogues à ceux que nous connaissons au Zemmour. D'une façon générale on note une assez régulière diminution des épaisseurs vers le Sud, ainsi qu'une disparition des niveaux calcaires et des prairies à *Scyphocrinus elegans*. Vers l'Est et le SE, les faciès gréseux deviennent fréquents. Enfin il semble que ce soit surtout dans les régions méridionales que le Gotlandien schisteux devienne nettement discordant sur les niveaux gréseux antérieurs.

4° Corrélations avec l'Afrique occidentale

En Afrique occidentale, la stratigraphie du Gotlandien est encore assez mal connue. L'étage est signalé de façon intermittente dans le Sud du Sahara espagnol, dans l'Adrar mauritanien, au Tagant, au Dhar Tichit, sur le rebord nord du bassin de Taoudenni et en Guinée.

Au Sahara espagnol, le Gotlandien affleurerait au SW d'Aoussert sous son faciès calcaire, selon M. ALIA MEDINA (1950, p. 6) qui a là observé des calcaires cristallins à Orthocères.

Dans l'Adrar mauritanien, D. LE MAÎTRE et Th. MONOD (1950, 1952) ont défini et décrit au-dessus des grès du Tamga un Gotlandien d'abord gréseux (grès d'Aïoun Lebgar) à *Camarotoechia nucula* et *C. sp. e. g. borealis* représentant le Wenlock (plutôt supérieur); puis un Gotlandien schisteux (schistes papyracés d'Aouinet Telleski) à faune graptolitique des zones 30-34 d'ELLES et WOOD, caractérisé par l'association de *Monograptus vulgaris*, *M. dubius*, *M. varians* et *M. flemingi* représentant le Ludlow inférieur. Dans ces schistes seraient d'ailleurs intercalés des bancs gréseux (Th. MONOD, 1956, p. 647). Mais si le Gotlandien fossilifère de l'Adrar ne semble débiter qu'au Wenlock, plus au Sud le Gotlandien, connu depuis 1934-1935 par les découvertes successives de Th. MONOD et F. JACQUET, débute au plateau de Charania par des schistes dès le Llandovery moyen (Graptolites des zones 20-23). Les schistes du Dhar Tichit, entre Tichit et Oualata, ont livré une faune du Llandovery encore plus ancienne (zone 19) (M. NICKLÈS, 1947).

On retrouve enfin le Gotlandien beaucoup plus au Sud, dans l'Ouest de la Guinée (J.-H. SINCLAIR, 1918; G. LECOINTRE et P. LEMOINE, 1924; E. DE CHÉTELAT, 1938) sous forme de schistes pyriteux noirs à Graptolites qui ont permis d'identifier la zone 21 (Llandovery supérieur) et les zones 23-26 (Tarannon - base du Wenlock).

Sur la bordure nord du bassin de Taoudenni, entre les grès ordoviciens(?) et les niveaux fossilifères du Dévonien moyen, les schistes à Graptolites ne sont signalés qu'en de très rares points, notamment par Th. MONOD à Tinioulig (N. MENCHIKOFF et Th. MONOD, 1936). J. R. VILLEMUR (1955, p. 6) pense qu'ils manquent plus à l'Est, ce qui rejoint les observations des géologues du B. R. P. (C. SALLÉ et autres, 1956) à l'extrémité sud-est de la Dorsale réguibat, où le Dévonien est directement transgressif sur les grès cambro-ordoviciens.

Toutes ces données sont encore trop isolées pour que l'on puisse en tirer une vue d'ensemble. On notera toutefois que, d'après Th. MONOD (1952a), la transgression gotlandienne n'atteindrait l'Adrar mauritanien qu'au Wenlock, avec des faciès très côtiers gréseux, alors que plus au Sud, à Charania et jusqu'en Guinée, la série gotlandienne débiterait au Llandovery, comme au Zemmour. Enfin le caractère apparemment épisodique du Gotlandien dans le bassin de Taoudenni, mais sous sa forme schisteuse normale, est peut-être à expliquer par une érosion antérieure à la transgression dévonienne analogue à celle envisagée plus au Nord par P. GEVIN.

C. — PALÉOGÉOGRAPHIE DU GOTLANDIEN

De ces comparaisons avec les régions voisines se dégagent quelques idées d'ensemble. Comme l'a déjà souligné N. MENCHIKOFF (1949, p. 310), le fait le plus marquant est l'immense étendue de la transgression gotlandienne qui a atteint des régions aussi lointaines que la Guinée, le Hoggar et le Nord de l'Aïr; nous y ajouterons la remarquable constance des faciès et notamment des schistes noirs qui sont la marque d'un milieu de sédimentation réducteur généralisé.

Au Maroc sont connus des faciès de type géosynclinal: faciès flysch du Haut-Atlas. Mais ce géosynclinal a une étendue limitée; il est bordé par les mers épicontinentales de la Meseta marocaine, de l'Anti-Atlas et des chaînes d'Ougarta, où la subsidence reste toutefois suffisante pour permettre l'accumulation de sédiments puissants mais peu profonds. Au Wenlock, la sédimentation calcaire fait son apparition au milieu de la sédimentation schisteuse. Au Ludlow, dans toutes ces régions (Zemmour, bassin du Dra, chaîne d'Ougarta), le fond de la mer est tapissé d'immenses prairies à Crinoïdes, qui semblent avoir été partout brusquement détruites. Vers le sommet, la sédimentation devient souvent gréseuse (régression), dans une zone où la faune a un caractère intermédiaire entre les faunes gotlandiennes et dévoniennes.

Plus au Sud les puissances diminuent, les faciès calcaires disparaissent, sur la bordure sud du synclinal de Tindouf, à Bou Bernous, dans le Bled el Mass, les Tassilis d'Ouallène, le bassin de Fort Pognac (Tassili n'Ajjer), mais la sédimentation reste argileuse, même à Tinioulig dans le synclinal de Taoudenni.

Les faciès gréseux font leur apparition dans l'Adrar, où la transgression n'est arrivée qu'au Wenlock. Mais plus au Sud, en Guinée comme au Tagant, on retrouve la même sédimentation

argileuse débutant au Llandovery. C'est très loin à l'Est, au Fezzan, au Tibesti et dans l'Ennedi que le Gotlandien passe à des faciès psammitiques à *Harlania*.

La transgression gotlandienne sur la plateforme africaine est donc très générale; elle n'a pu progresser ainsi que sur un continent très aplani.

Remarquons encore que dans les comparaisons de puissances du Gotlandien, on doit tenir compte de l'imprécision de la limite supérieure, insuffisamment définie par la paléontologie. D'une façon générale, les sous-étages inférieurs (Llandovery-Tarannon) sont beaucoup moins puissants que les sous-étages supérieurs (Wenlock, Ludlow).

Enfin l'absence de Gotlandien dans tout l'Est de la Dorsale reguibat doit être interprétée avec prudence. Ceci n'est peut-être pas dû comme on l'a souvent supposé, à une émergence de cette dorsale, mais peut-être à une érosion antérieure au Dévonien transgressif. Les observations faites à ce sujet par P. GEVIN entre Aouinet Bel Legraa et Bou Bernous, ont peut-être un caractère plus que local.

D. — RAPPORTS AVEC DES RÉGIONS PLUS LOINTAINES

Le Gotlandien du Zemmour présente beaucoup d'affinités avec celui de l'Europe, dans les zones isopiques, c'est-à-dire dans les mers épicontinentales, en bordure des grandes fosses géosynclinales : analogies avec l'Angleterre, la Bohême, la Bretagne, les Pyrénées françaises et espagnoles, la Sardaigne. Dans toutes ces régions, le Gotlandien débute par des schistes qui s'enrichissent de plus en plus vers le haut en nodules et bancs calcaires.

En Grande-Bretagne, sur la bordure sud de l'avant-fosse calédonienne du Lake District, au Nord de Caradoc et de Wenlock, on observe, comme au Sahara, une lacune du Llandovery inférieur, le Gotlandien débutant au Llandovery moyen ou même au Tarannon. Par contre, dans cette région, les calcaires du Wenlock (calcaire de Dudley) ont un caractère nettement récifal, ce sont presque des calcaires construits, ce qui les différencie nettement de ceux du Zemmour, où les premiers Polypiers n'apparaissent qu'au Ludlow. Cette remarque vaut également pour l'île de Gotland où les premiers biohermes apparaissent dès le Llandovery supérieur (Upper Visby marl) (J. E. HEDE, 1960). Toutefois en Grande-Bretagne, la zone qui borde l'avant-fosse n'a qu'une largeur assez réduite, alors qu'au Sahara la mer épicontinentale s'étale sur le bouclier africain, sur d'immenses étendues. Enfin la régression connue au Downtonien, qui se manifeste par l'apparition des grès de Downton, est comparable à celle de notre zone de passage dont nous allons entreprendre l'étude dans le chapitre suivant.

L'analogie avec la Bohême est encore plus frappante. Là aussi on note une lacune de la base du Llandovery (zones 16 et 17 de ELLES et WOOD). Le Llandovery (couches de Želkovice) est entièrement schisteux; le Wenlock (couches de Motol) contient des bancs calcaires à *Cardiola interrupta* et Orthocères [d'après J. PERNER et O. KODYM (1922) une partie des fossiles du E₂ de BARRANDE est d'ailleurs à rapporter à ces niveaux]. Mais c'est surtout avec le Ludlow inférieur et moyen (couches de Budiřany = E₂ de BARRANDE) que les ressemblances sont les plus nettes : mêmes calcaires noirs interstratifiés dans des schistes, même faune de Lamellibranches, de Gastéropodes, d'Orthocères, avec des espèces communes; même abondance des *Scyphocrinus elegans* vers le haut de la série. L'étude paléontologique précédente nous a d'ailleurs montré que notre faune du Wenlock et du Ludlow avait beaucoup d'affinités avec celle de la Bohême. On pourrait aussi noter des ressemblances avec le Gotlandien de Bretagne, des Corbières, des Pyrénées, de Catalogne et de Sardaigne. Dans les Pyrénées notamment, on retrouve en abondance les *Scyphocrinus elegans*, associés à *Orthoceras bohemicum*.

Nous concluons ce chapitre en soulignant combien l'étendue et la constance du « faciès gotlandien » nous a frappé. Dans toutes les régions citées et dans bien d'autres encore, on observe la succession argiles à Graptolites à la base, argiles à bancs calcaires vers le haut. Partout c'est la même sédimentation de vases en milieu réducteur anaérobie, qui donne des schistes noirs, des ampélites, des calcaires noirs ou bleu noir à odeur fétide. Cette originalité et cette ubiquité du « faciès

gotlandien », voilà une chose qu'on ne retrouve guère dans d'autres étages. Pourquoi les plateformes continentales, à l'époque des Monograptidés, offrent-elles toutes ces mêmes conditions de sédimentation en milieu réducteur ? Pourquoi ces conditions, si étendues à cette époque, ne se retrouvent-elles plus par la suite, tout au moins de façon aussi généralisée ? Peut-être faudra-t-il en rechercher la cause dans l'évolution biologique : par exemple dans un maximum d'abondance à cette époque, des bactéries réductrices, liées à une riche faune planctonique.

TROISIÈME PARTIE

**LA ZONE DE PASSAGE
DU GOTLANDIEN AU DÉVONIEN
ET LE GEDINNIEN**

INTRODUCTION

Comme en beaucoup de points, et notamment au Sahara, il existe au Zemmour, entre les derniers niveaux gotlandiens datés par des Graptolites (niveau 24) et les premières lumachelles du Dévonien inférieur, une zone azoïque dans laquelle il est impossible de placer exactement la limite entre le Gotlandien et le Dévonien inférieur. Les géologues pétroliers ont souvent utilisé pour cette zone le terme de « *zone de passage* ». Cette formule a le mérite de ne pas présumer de l'âge de la formation tant qu'on n'y aura pas découvert de faune.

Au Zemmour, la zone de passage, essentiellement argileuse, correspond généralement à une zone déprimée qui forme un sillon masqué par des dépôts récents entre les petites falaises du Gotlandien supérieur calcaire et celles constituant les lumachelles calcaires du Siegenien. C'est donc une formation difficile à observer, occupée par les oueds. Toutefois au Nord, à partir de l'Oued Leglaga, la formation change de faciès; elle passe à des grès calcaires qui ressortent bien dans la topographie et constituent la Kédia Leglaga. Plus au Nord, en zone espagnole, je n'ai pas retrouvé cette masse de roches dures dans l'Oued Tadaïeght sur la piste Smara-El Rgheoua.

L'épaisseur de la zone de passage proprement dite a pu être réduite grâce à la découverte d'une faune gedinnienne dans les Oudeï Sekkoum. Le caractère de passage du Gedinnien, que certains auteurs placent au sommet du Gotlandien (Downtonien) et d'autres à la base du Dévonien, nous a conduit à en grouper l'étude avec les faciès azoïques de la zone de passage proprement dite.

CHAPITRE I

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE

A. — DESCRIPTION DES COUPES

Les coupes de la partie sud, à faciès argileux, sont inexistantes ou très incomplètes. Par contre, le faciès nord se prête à de très belles coupes dans la Kédia Leglaga.

1° *Coupe de la Kédia Leglaga* (Coupe F₃)

Cette coupe est la prolongation vers l'Ouest de la coupe F₂ du Gotlandien (voir p. 216). La Kédia Leglaga est un massif limité à l'Est par une grande falaise de 40 à 70 m de hauteur, et s'abaissant à l'Ouest dans le même sens que le pendage de la formation, mais plus doucement. La coupe (fig. 53) se présente de la façon suivante, de haut en bas :

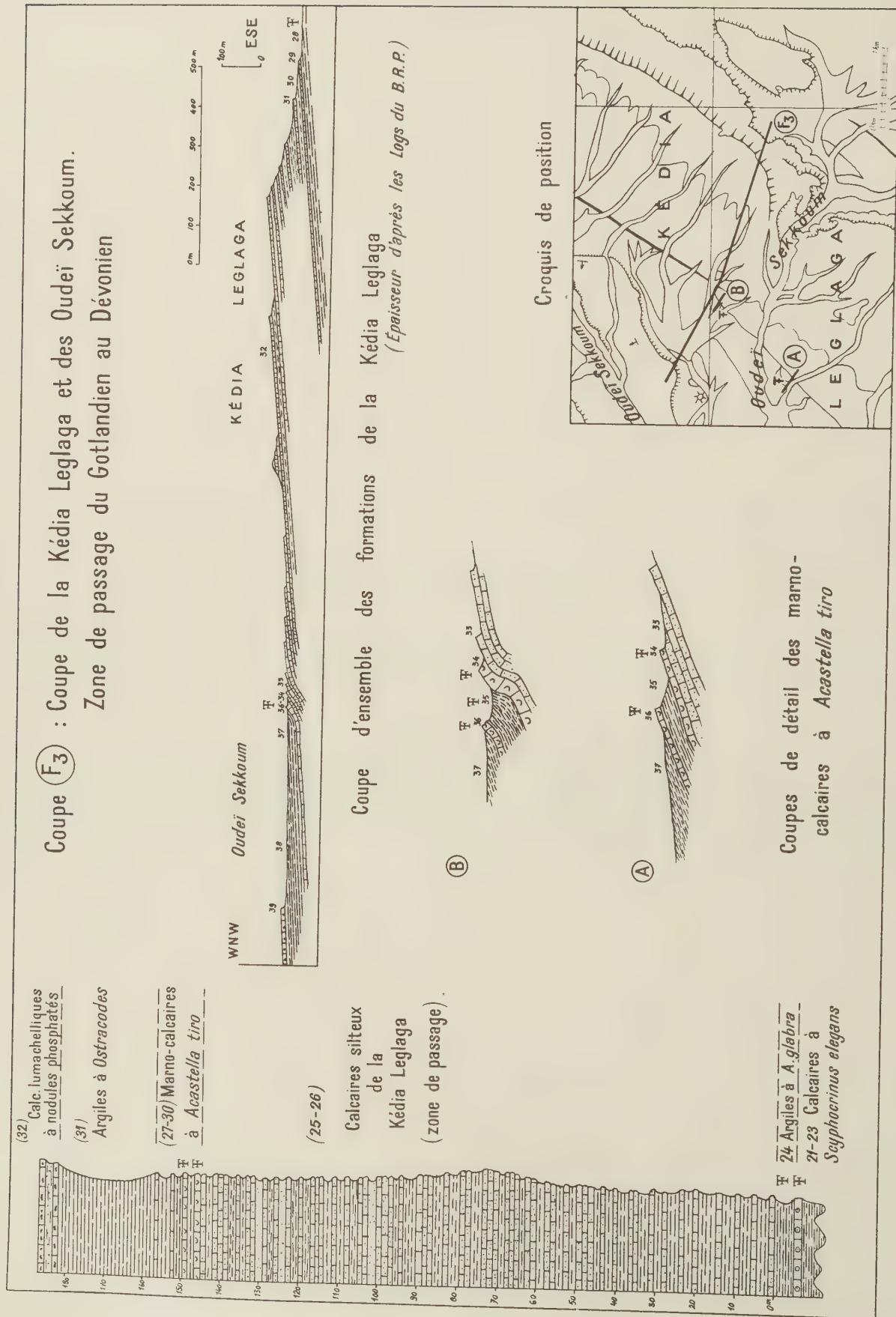


FIGURE 53

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₃ : Description des niveaux	Ech.
39 à 51	30 m	32	Calcaires lumachelliques grés-silteux, bruns ou violacés, à nodules phosphatés (voir détail dans la coupe F ₄ , chapitre Dévonien inférieur, p. 297).	571 570 569 568
38	25 m	31	Argiles pélitiques plus ou moins micacées, à Ostracodes et Eoptéropodes, sans macrofaune, affleurant mal.	
37	10 m	30	Alternance de bancs calcaires lumachelliques jaunes et de marnes jaunâtres dominantes, passant à des argiles vers le haut.	21570
36	0,10 m à 0,30 m	29	Deuxième banc de calcaire lumachellique grés-silteux jaune à Trilobites, à <i>Spirifer</i> sp. e. g. <i>mercuri</i> , <i>Homalonotus</i> (<i>Digonus</i>) <i>zemmourensis</i> , <i>Acaste</i> (<i>Acastella</i>) <i>artesia</i> ?, <i>Calymene</i> (<i>Calymene</i>) <i>interjecta</i> .	21529 575-6 573 558-9 560
35	2 m	28	Argiles à gypse, fossilifères, à <i>Pleurodictyum</i> sp., <i>Syringaxon</i> sp. e. g. <i>smithi</i> , etc...	557
34	0,30 m à 0,50 m	27	Premier banc de calcaire lumachellique, un peu grés-silteux, bleu noir, devenant jaune en surface, à très abondants débris de fossiles (Trilobites, Tentaculites, Brachiopodes, Lamellibranches, Gastéropodes, Orthocères, Crinoïdes, Lingulidés et Ostracodes) et contenant une belle faune : <i>Spirifer</i> sp., <i>Ptychosphaera constricta</i> , <i>Homalonotus</i> (<i>Digonus</i>) <i>zemmourensis</i> , <i>Acaste</i> (<i>Acastella</i>) <i>tiro</i> , <i>Calymene</i> sp., etc...	21569 574 561-7 554-6
33	4 m	26 et 25	Derniers bancs de calcaire grés-silteux roux azoïque.	21568
32	140 m env.		Alternance de bancs de calcaires grés-silteux à patine chamois, et d'argiles et argiles silteuses; vers le haut, des bancs de grès calcaires et de grès sableux à patine noire s'y ajoutent. Les bancs durs ont une puissance allant de quelques centimètres (calcaires en plaquettes) à 20 cm. Les ripplemarks sont assez fréquents.	579 365
31	0,20 m		Deuxième banc de calcaire grés-silteux chamois.	
30	1 m		Argiles un peu gypseuses.	
29	0,10 m		Premier banc de calcaire grés-silteux chamois, en plaquettes, azoïque, alternant avec des bancs de schistes.	
28	5 m		Schistes argileux un peu silteux, riches en matières carbonacées, noirs, à empreintes de petits Lamellibranches (<i>Avicula glabra</i>) et à Graptolites rares (<i>Monograptus</i> cf. <i>priodon</i> ??) mal conservés.	552 553
27	0,50 m	23	Banc de lobolithes presque jointifs de <i>Scyphocrinus elegans</i> (voir Gotlandien, coupe F ₂ , p. 216).	548 548 bis

Je n'ai pas jugé utile de décrire banc par banc le niveau 32 qui est constitué par une alternance rythmique monotone d'argiles et de bancs de calcaire grés-silteux, en plaquettes, roux ou chamois, et dont la puissance approche de 150 m. Cette coupe de détail, qui concerne les meilleurs affleurements de la zone de passage du Gotlandien au Dévonien, peut se résumer de la façon suivante :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₃ : Description des niveaux	
51 à 39	30 m	32	Calcaires lumachelliques ferrugineux à nodules phosphatés.	SIEGENIEN
38	25 m	31	Argiles et marnes à Ostracodes et Eoptéropodes.	GEDINNIEN
37 à 34	13 m	30 à 27	Marno-calcaires jaunes (bleu noir en profondeur), à Brachiopodes, Orthocères et Trilobites, des Oudeï Sekkoum, à <i>Spirifer</i> sp. e. g. <i>mercuri</i> , <i>Acaste</i> (<i>Acastella</i>) <i>tiro</i> , <i>Calymene</i> (<i>Calymene</i>) <i>interjecta</i> , <i>Homalonotus</i> (<i>Digonus</i>) <i>zemmourensis</i> .	
33 à 29	145 m	26-25	Alternance de calcaires grésilo-silteux ou grès calcaires à patine chamois et d'argiles silteuses azoïques.	ZONE DE PASSAGE
28	5 m	24	Schistes à <i>Avicula glabra</i> et <i>Monograptus</i> cf. <i>priodon</i> ? (dernier niveau des schistes, ayant livré des Graptolites mal conservés).	LUDLOVIEN
27	0.50 m	23	Bancs à <i>Scyphocrinus elegans</i> .	

Jusqu'à présent, toute la zone comprise entre les calcaires bleus gotlandiens et les premières lumachelles du Siegenien était ignoré par la littérature. M. ALIA MEDINA en particulier signale qu'au SE de Smara, dans les Dala et Gleib Aseraui (Asraoui) le Coblencien débute tout de suite au-dessus du Gotlandien et il suggère une lacune du Gedinien (M. ALIA MEDINA, 1949a, p. 63). Peut-être faut-il penser que les niveaux tendres (marno-calcaires) sont masqués par l'Oued Tadaïeght. Lors d'une tournée rapide au Sahara espagnol (mars 1959), j'ai effectivement constaté que l'Oued masque une grande partie de cette zone. Toutefois il semble qu'au Nord du 28° parallèle, les calcaires gréseux chamois de la Kédia Leglaga disparaissent par changement de faciès, car ce genre de sédiment donne habituellement naissance à des falaises.

Cette coupe est donc d'importance majeure car elle permet de réduire la zone d'indétermination entre Ludlovien et Siegenien datés. La zone de passage se subdivise en deux, de haut en bas :

- les marno-calcaires à *Trilobites* des Oudeï Sekkoum (dont nous établirons l'âge gedinien),
- les calcaires grésilo-silteux chamois de la Kédia Leglaga.

2° Observations et coupes complémentaires

Partout ailleurs, la zone de passage, par suite de son caractère plus argileux, affleure très mal et toujours dans des zones déprimées recouvertes par les oueds actuels ou les terrasses anciennes. La coupe de la Kédia Leglaga bénéficiait de deux avantages : faciès plus résistants à l'érosion, et situation plus élevée, à une ligne de partage des eaux. En effet, au Sud de l'Oued Leglaga (feuille Gara Foug Gara), on assiste très rapidement à la disparition des bancs de calcaires gréseux chamois de la Kédia Leglaga. Les bancs de calcaires deviennent de moins en moins nombreux et disparaissent les uns après les autres vers le Sud, au profit des argiles silteuses avec lesquelles ils alternent. Si bien qu'à la latitude de Tighirt, le faciès calcaire gréseux a entièrement disparu. Il se retrouve toutefois encore, plus à l'Est, dans le synclinal de l'Oued el Fiadh. Dans toute cette région, il semble que les schistes et les argiles contiennent des gypses, qui se redéveloppent secondairement en surface.

Au droit de Tighirt, on observe encore les marno-calcaires du Gotlandien, mais ils affleurent très mal. On y retrouve *Acastella tiro* (éch. 21529). D'après les logs du B. R. P., dans cette région la zone de passage, comprise entre les derniers niveaux gotlandiens datés et le niveau à *Acastella tiro*, aurait 145 m; épaisseur identique à celle des faciès grésocalcaires de la Kédia Leglaga, mais ici la séquence est constituée uniquement de faciès argileux azoïques.

Dans le synclinal à cœur dévonien, situé juste à l'Est de l'Oumat Chagag, on retrouve encore ces formations argilo-gypseuses, mais, à cause des plissements, il est difficile de leur attribuer une puissance précise. On y rencontre un niveau de grès gris présentant des phénomènes de slumping. Peut-être ces grès sont-ils une dernière manifestation des faciès de la Kédia Leglaga vers le Sud (niveau 25 bis du tableau stratigraphique V).

Enfin, entre le massif d'Aïdiat et la chaîne de Dhlou (feuille Bir Aïdiat : lat. 25° 26' 20" Nord; long. 12° 06' 50" Ouest), on rencontre des affleurements de puissantes argiles à nodules, contenant des Orthocères de section subrectangulaire. Vu leur position, nettement comprise entre les calcaires à *Scyphocrinus* qui reposent sur les quartzites de Dhlou, et les lumachelles du Dévonien inférieur, j'ai attribué ces formations à la zone de passage.

Dans les zones très plissées, ces schistes et argiles plus ou moins gypseux ont facilité les glissements par suite de leur plasticité. C'est pourquoi ces faciès sont écrasés et affleurent très mal.

B. — ESSAIS DE SYNTHÈSE

1° Corrélation des différents faciès

Les observations faites sur la zone de passage sont trop incomplètes pour permettre une bonne synthèse stratigraphique. Toutefois, on peut dire que cette zone est caractérisée depuis Aïdiat jusqu'à Tighirt par une série essentiellement argileuse, plus ou moins gypseuse, où affleurements et fossiles sont rares.

A partir de l'Oued Fiadh el Hach, vers le Nord, les faciès changent très brusquement, et 10 km plus au Nord, les 145 m d'argiles observables à l'Est de Tighirt, situées sous le niveau calcaire à *Acastella tiro*, font place à l'imposante masse des grès calcaires et calcaires grésosilteux chamois de la Kédia Leglaga. Au-dessus du niveau à *Acastella tiro*, la série reste argileuse, comme au Sud (fig. 54).

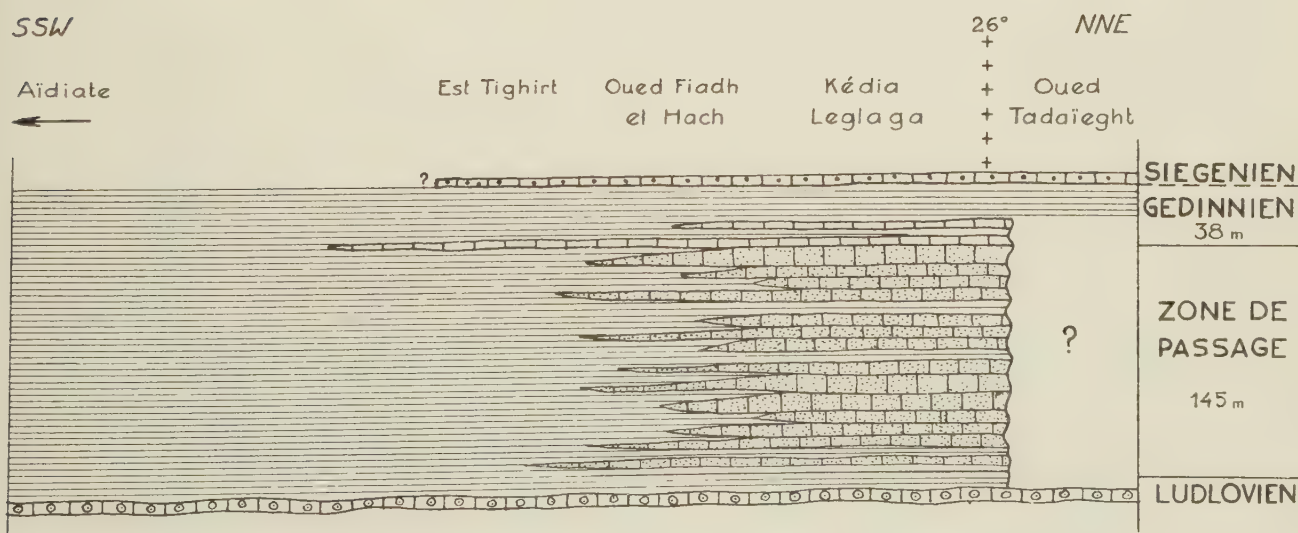


FIGURE 54. — Variations des faciès de la zone de passage et du Gedinnien

Enfin plus au Nord, dans l'Oued Tadaïeght, au NW d'El Rgheoua, on ne retrouve plus aucun affleurement des calcaires gréseux de la Kédia Leglaga. Il est difficile de penser qu'une telle masse ait pu disparaître entièrement sous les alluvions de l'oued, alluvions qui laissent affleurer les calcaires bleus à *Scyphocrinus* sous-jacents, pourtant moins résistants. Il est donc vraisemblable, sinon certain, qu'au Nord du 26° parallèle, le faciès grésocalcaire particulier à la Kédia Leglaga disparaît aussi rapidement qu'il le fait plus au Sud, dans la région de Tighirt.

2° *Tableau stratigraphique*

Le tableau stratigraphique V groupe toutes les observations faites sur la zone de passage. Les niveaux **25**, **25 bis** et **26** correspondent à la zone de passage proprement dite, située au-dessous de la faune à *Acastella tiro*, et non encore datée paléontologiquement.

Les niveaux **27** à **31** sont groupés dans une « zone des marno-calcaires à Trilobites » dont l'âge gedinnien est discuté plus loin. Or le Gedinnien, malgré son appartenance au Dévonien généralement admise, a des caractères intermédiaires entre le Gotlandien et le Dévonien. C'est pourquoi on a estimé intéressant de le réunir avec la zone de passage sur un seul et même tableau stratigraphique.

CHAPITRE II

ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

La zone de passage et le Gedinnien sont pétrographiquement très différents du Gotlandien fossilifère. Ils s'en distinguent notamment par la réapparition des clastiques, des couleurs rouge et jaune dues aux oxydes de fer, et par l'apparition des débris de Trilobites dans les faciès calcaires, avec également l'apparition « éclair » de la montmorillonite dans les marno-calcaires du Gedinnien.

On accède ainsi aux faciès du Dévonien, qui sont constitués dans tout le système, d'alternance de calcaires, de grès calcaires, d'argiles et de marnes, plus ou moins fossilifères. Cette zone donne l'impression de se rapprocher davantage, par ses faciès, du Dévonien que du Gotlandien. Comme précédemment, les diverses études pétrographiques ont été portées sur le tableau stratigraphique V correspondant.

A. — LISTE DES ROCHES

- a) Dans la zone de passage *sensu stricto*, on rencontre les principaux types de roches suivants :
- calcaire silto-gréseux, à patine chamois, à microdébris de fossiles et à *micro-organisme à deux loges indéterminé*;
 - grès calcaire fin à patine rousse ou noire, à fins débris de fossiles et à *micro-organisme à deux loges indéterminé*;
 - siltstone à ciment calcaire résiduel, présentant des phénomènes de slumping;
 - argiles silteuses à séricite azoïques;
 - argiles silteuses indurées (schistes argileux) azoïques;
 - schistes argileux pélitiques, azoïques.
- b) Dans les marno-calcaires à Trilobites attribués au Gedinnien, on rencontre les faciès suivants :
- calcaire lumachellique plus ou moins magnésien, légèrement silteux (silto-gréseux), un peu ferrugineux et argileux, bleu noir, à patine jaune, à très abondants débris de Brachiopodes (dont des Lingulidés), Lamellibranches, Gastéropodes, Orthocères, Trilobites, Ostracodes, Crinoïdes et Tentaculites;
 - calcaire légèrement dolomitique argileux (*montmorillonite*) un peu ferrugineux, micro-cristallin, passant à des marnes;
 - argiles pélitiques schisteuses (indurées) à Ostracodes, à Encrines, ou à Eoptéropodes.

B. — ÉTUDE DES PRINCIPAUX FACIÈS

1° Les grès calcaires et calcaires grésilo-silteux chamois de la Kédia Leglaga

Nous avons vu que ce faciès, en alternance avec des bancs argileux, constituait toute la masse de la Kédia Leglaga. Il s'agit du niveau 25 de la coupe synthétique.

a) Examen macroscopique

Ce sont des roches qui se débitent généralement en plaquettes de 1 à 4 cm d'épaisseur, ou parfois en petites dalles. La roche est massive, mais vers le Sud (Oued Fiadh el Hach), elle tend à devenir plus schistoïde. Le grain est fin, la cassure finement écaillée. La couleur de la patine, dans les joints et les diaclases, est brun jaune, chamois ou rousse. Mais le cœur des échantillons révèle la couleur originelle gris bleu de la roche. Sur la tranche horizontale, on distingue des paillettes de muscovite; la roche contient des petits débris de Crinoïdes plus ou moins abondants, dont les dimensions ne dépassent que très rarement le millimètre. Les gros débris de macrofossiles (Brachiopodes, Crinoïdes) sont très rares. L'attaque à ClH normal donne une forte effervescence et laisse, en dehors du quartz, un faible résidu argileux.

b) Examen microscopique (Pl. XII, fig. 2)

L'ensemble des caractères de ces roches constitue un microfaciès très caractéristique. La structure, parfois massive, est le plus souvent légèrement orientée. La texture est détritique, organique et minérale, à grains non jointifs.

Le quartz, en grains anguleux, peut constituer plus de la moitié de la roche (grès), mais généralement le quart seulement. Les grains sont bien calibrés. Ils ne dépassent jamais 140 μ , ont une moyenne oscillant entre 70 et 40 μ . Les plus fins ont 8 μ . Les grains sont anguleux ou un peu émoussés (arrondi de 0,1 à 0,5).

Les autres clastiques minéraux sont le *plagioclase* rare, la *tourmaline* et le *zircon* toujours représentés, le *rutile* et le *sphène* (parfois), et enfin des paillettes de *muscovite* parfois abondante et de *chlorite* rare.

Les débris organiques comprennent :

- de gros débris de Crinoïdes en *calcite monocristalline* n'atteignant que rarement 1300 μ ;
- de très nombreux microdébris et esquilles de tests bien calibrés, en *calcite lamellaire* (Brachiopodes, Eoptéropodes) ou *fibreuse* (Ostracodes et rarement Trilobites);
- quelques débris de Lingulidés en *phosphate de chaux*.

A ces débris s'ajoute un *micro-organisme*, très abondant dans ce niveau seulement, constitué de deux loges inégales, indéterminé (Pl. XII, fig. 2 et Pl. XXXI, fig. 1).

Tous ces éléments sont pris dans un ciment constitué essentiellement de *calcite microcristalline*, avec accessoirement un peu d'*argile*, de la *goethite* dans les parties superficielles, et plus rarement de la *calcédoine*. Le passage de la couleur bleue à l'orangé ou au chamois, correspond à un envahissement par la *goethite* secondaire (altération, le long des diaclases, des oxydes ferreux en hydroxydes ferriques).

c) Analyse des argiles aux rayons X

Malgré la faible teneur en argiles de ces roches, une analyse a pu être effectuée sur la phase argileuse résiduelle.

Niveau stratigraphique	N° éch.	Illite	Chlorite	Kaolinite
25	337	80 %	20 %	traces

Ce résultat montre que la phase argileuse est d'origine détritique et accompagne les éléments clastiques de la phase détritique. Par rapport aux argiles du Gotlandien (p. 232), on assiste à la disparition de la kaolinite et à l'augmentation de la teneur en chlorite.

d) Analyse chimique

Aucune analyse chimique n'a été effectuée sur ces roches. Il est vraisemblable que la proportion de calcite par rapport à la dolomite est très élevée (très forte effervescence à ClH normal), et que la proportion de carbonate dans la roche dépasse généralement 50 %; d'où le nom de calcaire gréso-silteux donné à cette formation.

Les calcaires gréso-silteux chamois de la Kédia Leglaga sont donc caractérisés par :

1. *Une phase détritique minérale* constituée de quartz, muscovite et minéraux lourds, généralement bien classée, située à cheval sur la limite $60\ \mu$ des grès fins et des siltstones grossiers, les grains ne dépassant pas $140\ \mu$. La morphoscopie révèle des grains de sphéricité minima faible, donc souvent allongés, esquilleux, et d'arrondi faible à moyen (0,1 à 0,5), ce qui pour des grains aussi fins indique une certaine usure.

2. *Une phase détritique organique* abondante (souvent plus de la moitié de la roche), caractérisée par sa finesse et son classement. L'absence de macrofaune dans ces calcaires si riches en débris organiques provenant de macrofossiles, s'explique par leur haut degré de classement; les nombreux fossiles sont ramenés ou presque aux dimensions des grains clastiques du quartz.

3. *Une phase argileuse* réduite, d'origine détritique, où domine l'illite, accompagnée de chlorite.

4. *Une phase chimique* (de l'ordre du quart de la roche), essentiellement carbonatée, mais contenant aussi du fer. Ce carbonate peut provenir de la dissolution et recristallisation d'une partie des débris organiques calcaires de la roche.

Ces roches sont azoïques mais caractérisées au microscope par l'abondance d'un *micro-organisme à deux loges* indéterminé, qu'on retrouve dans certains niveaux du Dévonien supérieur, mais jamais de façon aussi fréquente.

Un tel faciès ne peut s'être formé que par l'action d'une mer très agitée ayant réduit la faune de Brachiopodes, Crinoïdes, etc., à l'état d'une poudre inférieure à $100\ \mu$, et surtout dans une zone où les courants ont trié et classé le matériel.

La grande localisation de ce faciès particulier ne peut guère s'expliquer que par un courant plus fort qu'au Nord et au Sud où les sédiments sont uniquement argileux. L'embouchure d'un fleuve par exemple ne pourrait-elle expliquer une telle anomalie ? Les sédiments les plus grossiers, constitués par du quartz et des micas du continent, et par les débris des fossiles marins, se déposeraient les premiers, c'est-à-dire dans la zone du courant (en face d'un fleuve), tandis que les sédiments argileux n'atteindraient que la zone située plus au Sud et plus au Nord (s'il est exact que ces faciès disparaissent également de façon brutale au Nord du 26° parallèle).

2° Les niveaux argileux de la zone de passage

Nous avons vu qu'au Nord, dans la Kédia Leglaga, ces niveaux alternent avec le faciès précédent et que vers le Sud, à partir de Tighirt, ils dominent puis constituent la quasi-totalité de la zone de passage.

a) Examen macroscopique

Ce sont des argiles indurées (schisteuses), crissant un peu sous la dent, se débitant en fines plaquettes à cassure conchoïdale. Brunées ou noires sur la cassure fraîche, elles prennent une couleur gris clair à l'air. On y observe de fines paillettes de mica blanc. Certains des échantillons contiennent du gypse. Bien que certaines soient tendres et se rayent à l'ongle, l'induration est suffisante pour que la roche ne fasse pas directement pâte avec l'eau. Toutefois, écrasées, elles troublent fortement l'eau. ClH normal reste totalement inactif.

b) Examen microscopique

— La texture est détritique à grains non jointifs.

— Les grains de quartz sont disséminés, ils ne dépassent pas $90\ \mu$, ont des moyennes variant de 5 à $40\ \mu$, et sont anguleux.

- La *muscovite* en très fines paillettes s'y adjoint.
 - Le fond, d'*argile* largement dominante, comprend un peu de *quartz secondaire* et des oxydes de fer.
- Ces roches sont entièrement azoïques et ne contiennent pas le moindre débris organique.

c) Etude des argiles aux rayons X

L'étude de deux échantillons de la coupe de Tighirt a donné les proportions suivantes :

Niveau stratigraphique	N° éch.	Illite	Chlorite	Kaolinite	Montmorillonite
26	21528	80	tr.	20	traces
26	21527	80	10	10	

Cette composition de la phase argileuse dénote une origine identique à celle de la phase argileuse des faciès calcaires plus grossiers. Elle peut avoir la même origine détritique (héritage d'un continent normal), mais correspondre à une autre zone de classement plus fin, donc de milieu plus calme sinon plus profond. Fait important, cet indice d'un milieu plus calme s'accompagne d'une réapparition de la kaolinite. Vers le haut (l'échantillon 21528 est situé 30 m plus haut dans la série que le 21527), mais toujours sous le niveau calcaire à *Acastella tiro*, la proportion de kaolinite augmente, et, fait exceptionnel, on observe des traces de *montmorillonite* (confirmées par un essai au glycérol). Cette composition annonce déjà celle de la phase argileuse des marno-calcaires à *Trilobites* qui contient 40 % de kaolinite et 30 % de *montmorillonite* (p. 281).

Ceci semble indiquer que, vers le haut, le milieu devient de plus en plus calme et qu'à la phase héritée d'un continent normal (illite + chlorite + kaolinite ?) vient s'ajouter une phase de néoformation timide (kaolinite ? + *montmorillonite*) au sein de la vase.

Comme on l'a déjà observé au Sénégal, au Soudan (H. RADIER, 1957) et au Dahomey (M. SLANSKY, Th. CAMEZ et G. MILLOT, 1959), lorsque le caractère détritique de la sédimentation s'estompe, la *montmorillonite* apparaît et prend de l'importance. Ceci est l'indice d'un relai de la sédimentation purement détritique par une sédimentation partiellement chimique ou biochimique. Notons enfin qu'au Sénégal les phyllites néoformées, seules au large des côtes, sont mêlées de kaolinite en bordure du bassin (P. ELOUARD, 1959; M. SLANSKY, 1959, p. 233-234).

3° Les marno-calcaires à *Trilobites* du Gedinnien

Si cette formation présente une grande importance stratigraphique, sa puissance, elle, ne dépasse guère une douzaine de mètres et la puissance cumulée des bancs calcaires ne dépasse probablement guère deux ou trois mètres dans la région des Oudeï Sekkoum où ils sont le mieux développés.

a) Examen macroscopique

Il s'agit de calcaires lumachelliques massifs, peu stratifiés, un peu argileux, en bancs de 5 à 20 cm de puissance, alternant avec des marnes et des argiles. La cassure est semi-cristalline ou grumeleuse (ce dernier caractère s'observant sur les échantillons de ce niveau figurés sur les Pl. XXXI et XXXII); la couleur généralement jaune ocre, ou parfois grise, à l'affleurement, est gris bleu en profondeur. ClH normal donne une effervescence forte. Le résidu insoluble est en partie argileux, en partie constitué d'un sable très fin.

La roche est très riche en fossiles : *Spirifers*, *Lamellibranches*, *Orthocères*, *Trilobites*, et à la loupe elle apparaît constituée par l'assemblage de petits débris également organiques.

b) Examen microscopique (Pl. XII, fig. 3)

La structure des calcaires à *Trilobites* est massive et lumachellique. La stratification de la roche n'apparaît pas. La texture est détritique, à éléments organiques non jointifs dominants et à éléments minéraux subordonnés.

Les grains de *quartz*, anguleux, bien calibrés, sont très disséminés dans la roche; leur moyenne varie entre 20 et 70 μ . Le grain le plus gros observé dans toute la formation a 130 μ . Il s'agit donc d'une phase détritique principalement « silteuse ».

Les autres clastiques minéraux sont rares : *muscovite* et exceptionnellement *biotite*. En revanche les éléments organiques sont abondants et peuvent être de grande dimension (Orthocères de 40 cm). Les débris en *calcite fibreuse* dominant (Trilobites et Ostracodes) et peuvent prendre un développement exceptionnel (éch. 558), dû au pullulement de ces deux groupes; ils sont accompagnés de débris en *calcite monocristalline* (Crinoïdes), en *calcite recristallisée* (Lamellibranches, Gastéropodes, Orthocères), en *calcite lamellaire* (plus rares) (Brachiopodes, Tentaculites), plus quelques débris en *phosphate de chaux brun* (Lingulidés).

Ces éléments sont noyés dans un fond de *calcite hétérogène*, localement microcristallin (30 à 150 μ), localement cryptocristallin, avec des traces d'*argile*.

La roche est limpide (roche bleu noir), mais la *goethite secondaire* colore la roche altérée de surface, et remplace la calcite fibreuse des Trilobites. On observe aussi parfois du *quartz secondaire* se développant au détriment des articles de Trilobites, sous la forme de grains de même dimension que le quartz détritique (mimétisme du quartz détritique).

c) Analyse des argiles aux rayons X

Six analyses ont été effectuées sur la phase argileuse résiduelle de ces calcaires. Les résultats en sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Niveau stratigraphique	N° éch.	Illite	Chlorite	Kaolinite	Montmorillonite
30	21570	traces	30 %	40	30
29	21529	40	60	—	—
29	573	—	—	100	—
27	556	50	50	—	—
27	555	50	50	—	—
27	554	60	20	10	10

Ces analyses révèlent des proportions relativement variables entre les différents constituants argileux. Un caractère commun est la diminution de la teneur en illite, qui, pour tous les échantillons analysés situés plus bas dans la série, est au moins égale à 80 %. Deux échantillons (niveaux 29 et 30) ne contiennent pratiquement pas d'illite, fait exceptionnel dans la série paléozoïque. Cette diminution de la teneur en illite est compensée par une augmentation du pourcentage en chlorite ou en kaolinite. L'échantillon 573, du niveau 29, que rien ne distingue des autres macroscopiquement, a une phase argileuse purement kaolinitique. Enfin la présence de montmorillonite, déjà annoncée par des traces dans une analyse précédente du niveau 26 (p. 280), se manifeste à nouveau dans deux des échantillons.

Il faut noter que l'échantillon 21570, qui s'est révélé le plus riche en montmorillonite, se trouve assez haut dans les marno-calcaires et ne contient pas d'éléments clastiques minéraux, et que les éléments organiques eux-mêmes y sont rares. Il s'agit d'un sédiment plus franchement chimique ou biochimique, dont le caractère détritique s'est estompé, ce qui correspond à l'apparition de forts pourcentages de kaolinite et de montmorillonite. Ces deux minéraux correspondent donc à l'apparition d'un milieu calme qui pourrait être à l'origine de leur formation.

d) Analyses chimiques (tableau d'analyses chimiques 9)

Les résultats de six analyses chimiques effectuées sur les marno-calcaires à Trilobites (niveaux 27 à 30) sont groupés dans le tableau d'analyses chimiques 9. Les cinq premiers concernent les lumachelles à Trilobites, le sixième une marne à montmorillonite.

Les calcaires sont tous assez voisins les uns des autres, le pourcentage de carbonate variant de 70 à 88 %, et le pourcentage de calcite dans le total des carbonates de Mg et Ca de 91 à 97 %, avec une

seule exception (éch. 554, 65 %). La phase non carbonatée (argile, silice, oxydes de fer) varie de 12 à 26 %. La teneur en fer métal varie de 1,6 à 2,3 %; elle est nettement plus forte que pour la plupart des roches calcaires du Gotlandien. Tous les échantillons contiennent des traces de phosphate (0,2 à 1,6 %). Il s'agit donc de *vrais calcaires*, de *calcaires magnésiens*, parfois même de *calcaires dolomitiques* impurs (silteux et argileux).

La *marne* analysée (éch. 21570) (analyse 58) du niveau **30** est trop complexe pour être calculée avec certitude. Un calcul approximatif donne la composition suivante :

Carbonates	25.5	(84 % de calcite; 16 % de dolomite)
Gypse	6.6	
Argiles	57.2	(40 % de kaolinite; 30 % de montmorillonite; 30 % de chlorite)
Hydroxyde de fer.	5.7	
Fer insol. ClH	5.3	
Rutile	0.5	
	100.8	

Il s'agit par conséquent d'une *argile calcaire (marne) un peu dolomitique et ferrugineuse*.

Ces roches se distinguent donc des calcaires gotlandiens par une moins grande pureté : apparition de silice libre et d'argile, plus forte teneur en fer.

L'étude pétrographique des marno-calcaires à *Acastella tiro* du Gedinnien montre donc que ce sont des *calcaires lumachelliques impurs*, plus ou moins magnésiens, un peu argileux et ferrugineux, et contenant en faible quantité des débris clastiques minéraux.

Ces calcaires sont constitués principalement par l'accumulation de débris organiques peu roulés et mal classés (contrastant par ce dernier caractère avec les calcaires gréseux de la Kédia Leglaga), très variés, mais où les débris de Trilobites sont exceptionnellement abondants. Les macrofossiles sont conservés en entier; il s'agit donc de calcaires de *type autochtone ou sub-autochtone* (cf. Gotlandien, p. 236), dont ils ont bien les caractères : pas de classement ni d'usure des tests (pas de transport), fossiles entiers; association avec des argiles et des marnes, et non avec des grès. Toutefois, la présence de quartz bien calibré disséminé dans la roche, indique encore un léger apport de matériel détritique bien classé, ce qui, avec la présence d'un peu plus de fer, différencie ces calcaires des calcaires gotlandiens.

On peut imaginer que la sédimentation s'est produite dans un *milieu de salure marine normale* (abondance de la faune marine), *calme* (coquilles entières), et *peu profond* (Lamellibranches, Gastéropodes). L'apport détritique était modéré, fin et rythmique : silts de quartz, un peu de mica, argiles. Les analyses d'argile indiquent une composition variable d'un échantillon à l'autre, mais exceptionnelle dans la série paléozoïque : la chlorite, la kaolinite et la montmorillonite acquièrent une importance inhabituelle. Etant donné ce que l'on sait du milieu, il est très vraisemblable qu'une partie de l'argile seulement est d'origine purement détritique (héritage d'illite, de chlorite et de kaolinite provenant du continent). Ceci se manifeste par la rareté de l'illite dans certains échantillons. Mais la tranquillité du milieu, le caractère surtout biochimique de la roche et l'association rythmique des calcaires et des marnes, autorise à penser qu'une certaine proportion de cette argile (kaolinite et surtout montmorillonite) s'est formée *in situ*. Enfin, le dépôt se complète par des apports en fer et en phosphate, encore timides, mais qui annoncent un caractère généralisé dans les formations sus-jacentes.

C. — CARACTÈRES PÉTROGRAPHIQUES GÉNÉRAUX DE LA ZONE DE PASSAGE ET DU GEDINNEN

On trouvera toutes les observations pétrographiques concernant ces formations regroupées sur le tableau stratigraphique V. On peut en dégager les caractères généraux suivants :

1° *Caractères des clastiques minéraux*

Avec les faciès des calcaires silto-gréseux de la Kédia Leglaga, apparaissent brusquement les clastiques qui étaient si rares dans les formations gotlandiennes. Mais la régularité des premiers bancs, leur interstratification rythmique avec des bancs argileux identiques à ceux du Gotlandien, évoquent un passage sinon continu, tout au moins assez progressif, sans discordance, transgression ou lacune. Le quartz et la muscovite sont les deux principaux éléments. Les minéraux lourds (tourmaline, zircon, rutile) sont souvent présents. Les plagioclases sont rares, la biotite et la chlorite très rares.

Avec les calcaires à Trilobites du Gedinnien, le caractère détritique s'atténue à nouveau. Le quartz est moins abondant et les minéraux qui l'accompagnent deviennent très rares. Plus au Sud, l'équivalent latéral argileux des formations de la Kédia Leglaga contient encore quartz et muscovite.

Dans la formation de la Kédia Leglaga, les bancs de calcaire grés-silteux présentent une granulométrie très homogène, la moyenne des grains oscillant entre 40 et 70 μ . La phase détritique plus réduite des marno-calcaires à Trilobites qui viennent au-dessus, possède une granulométrie analogue mais à tendance légèrement plus fine (20 à 70 μ). Les bancs argileux du Sud ont une granulométrie encore plus fine, mais nettement plus grossière que les argiles du Gotlandien. Le quartz présente un arrondi de 0,1 à 0,5, ce qui, étant donné la finesse des grains, indique une usure relativement poussée.

La phase clastique a donc un caractère de « détritité » moyenne; elle est bien classée, avec une tendance à une diminution de la quantité et de la taille des grains vers le haut. Fortement développée dans le faciès de la Kédia Leglaga (niveau 25), elle finit par disparaître totalement dans certains échantillons calcaires du niveau 30.

Par rapport au Gotlandien (comparer les tableaux stratigraphiques IV et V), le caractère détritique de la formation apparaît bien plus accusé, surtout dans la Kédia Leglaga, mais même au Sud dans la zone argileuse. Le matériel est trié, classé, nettement usé pour sa dimension, ce qui implique un transport et un tri par des courants. Localement le caractère détritique s'accroît et devient rythmique (Kédia Leglaga). Peut-être ceci peut-il s'expliquer par la proximité d'une embouchure de fleuve, hypothèse rendant compte à la fois, et de la présence du courant, et d'un apport détritique plus grossier et rythmique. Vers le haut, le caractère détritique s'estompe avec l'apparition des calcaires lumachelliques à Trilobites; le milieu de sédimentation devient plus calme.

2° *Caractères de la phase argileuse*

Dans les faciès rythmiques de la Kédia Leglaga, comme dans leur équivalent argileux du Sud, la composition des argiles indique une nature purement détritique : 80 % d'illite, 10 % à 20 % de kaolinite et 0 % à 10 % de chlorite. Toutefois, vers le haut, un niveau argileux s'est révélé contenir des traces de montmorillonite.

Les marno-calcaires à Trilobites ont une phase argileuse de composition inhabituelle où apparaît la montmorillonite et où la diminution du pourcentage d'illite est compensée par l'augmentation des teneurs en kaolinite et en chlorite. Mais les analyses ont révélé des compositions variables, que seule une étude plus approfondie, sur un grand nombre d'échantillons, permettrait d'interpréter.

Cette variation dans la composition des argiles implique nécessairement une variation de l'apport détritique et du milieu de sédimentation. Vers le haut l'apport argileux détritique tend à disparaître et à être remplacé par des argiles de néoformation, qui se forment dans un milieu plus calme.

Notons dès maintenant que les argiles du niveau 31 qui surmontent ces marno-calcaires, reprennent une composition argileuse de nature purement détritique (80 % d'illite, 20 % de chlorite), l'épisode à montmorillonite ne se poursuivant pas plus haut.

3° Caractères de la phase chimico-organique

Dans l'ensemble de la formation, la phase chimique, d'origine surtout organique, prend de l'importance dans tous les bancs calcaires. Aucune analyse n'a été réalisée sur les faciès de la zone de passage. En revanche, dans le Gedinnien, les bancs calcaires sont constitués par 70 à 88 % de carbonates comportant généralement 90 à 95 % de calcite et 5 à 10 % de dolomite. Certains bancs sont toutefois plus franchement dolomitiques.

Le fer est, en moyenne, plus abondant que dans le Gotlandien calcaire, avec 1,6 à 7,3 % de fer métal. Le phosphate, toujours présent, peut atteindre 1,6 % dans certains échantillons où il fait partie du ciment de la roche.

Par rapport à ceux du Gotlandien, les calcaires de la zone de passage et du Gedinnien sont moins purs. Ils peuvent être plus magnésiens, mais surtout plus siliceux, plus argileux et plus ferrugineux.

4° Caractères des clastiques organiques

Si dans cette zone, les faciès argileux sont pauvres en débris organiques, les faciès calcaires sont bourrés de petits débris reconnaissables à leur structure (sauf les Lamellibranches, les Gastéropodes et les Orthocères, dont les tests sont recristallisés).

Dans la zone de passage (Kédia Leglaga), les débris de Brachiopodes et Crinoïdes dominant, accompagnés de débris de Lingulidés, d'Ostracodes et d'Eoptéropodes (dont les Tentaculites). Enfin cette zone est caractérisée par la présence d'un *micro-organisme* à deux loges indéterminé, très abondant dans toutes les préparations. Les débris sont bien classés et réduits à l'état microscopique. Il s'agit donc de *calcaires gréso-silteux allochtones*, provenant d'un matériel travaillé en milieu agité, puis classé lors du transport (F. J. PETTJOHN, 1957, p. 392).

Avec les *marno-calcaires* à *Trilobites* des Oudeï Sekkoum apparaissent brusquement et en quantité exceptionnelle les débris de *Trilobites*. Les Ostracodes et les Tentaculites deviennent plus abondants, les Crinoïdes restent fréquents; les Brachiopodes le sont moins. Enfin les Lamellibranches, les Gastéropodes, les Orthocères et quelques Bryozoaires font leur apparition. Les débris ne sont plus classés comme précédemment, les fossiles de toutes tailles, intacts, abondants, indiquent un milieu calme et un dépôt *in situ* (*calcaires autochtones*). L'alternance des niveaux marneux et lumachelliques dénote des conditions de milieu rythmiques, les périodes de dépôt argileux alternant avec celles de vie organique florissante.

5° Microfaciès

La zone de passage, dans son faciès de la Kédia Leglaga, présente un microfaciès très caractéristique; c'est un *calcaire gréseux (silteux)* ou grès calcaire fin, à fins débris de *Brachiopodes*, *Crinoïdes*, *Ostracodes*, *Eoptéropodes*, *Lingulidés* et à *micro-organisme* à deux loges (Pl. XII, fig. 2).

Quant aux *marno-calcaires* à *Trilobites*, ils sont caractérisés par un autre microfaciès; il s'agit d'un *calcaire lumachellique légèrement silteux*, à débris non classés de *Trilobites* très abondants, d'*Orthocères*, *Ostracodes*, *Crinoïdes* et *Tentaculites* abondants, et de *Bryozoaires*, *Lingulidés*, *Brachiopodes* articulés, *Lamellibranches* et *Gastéropodes* (Pl. XII, fig. 3).

D. — CONDITIONS DE SÉDIMENTATION

Cette étude pétrographique nous révèle qu'à la fin du Gotlandien daté, la sédimentation redevenait plus franchement détritique, marquée surtout au Nord (Kédia Leglaga) par un apport du continent plus important et plus grossier (quartz, mica, argile), et de plus, rythmique. Tout ceci

indique que, dans cette région, les eaux marines étaient alors plus mobiles qu'ailleurs et capables de transporter un matériel moins fin, usé, et des débris de tests longuement triturés par la mer. Ceci peut s'expliquer, à titre d'hypothèse, par la proximité d'un estuaire fournissant des vases plus riches en débris minéraux du continent.

En revanche, avec le Gedinnien (niveaux 27 à 30), le milieu, toujours franchement marin, devient beaucoup plus calme. Plusieurs faits tendent à le prouver. L'apport détritique est beaucoup plus réduit, légèrement plus fin et de nature moins variée. Les calcaires sont autochtones et les fossiles sont conservés en entier. La salure marine est normale et permet la vie d'une faune abondante où pullulent en particulier les Trilobites. L'abondance de la faune, la présence de Lamelli-branches et de Gastéropodes, évoquent une mer peu profonde.

C'est dans ce milieu calme et plein de vie que se dépose la montmorillonite. Au Dahomey également, dans les dépôts éocènes, on a observé que ce minéral argileux, comme l'attapulgit, se développait surtout dans les milieux non agités, contrairement au phosphate et à la glauconie (M. SLANSKY, Th. CAMEZ et G. MILLOT, 1959). Il ne faut toutefois pas oublier qu'un remaniement de montmorillonite affleurant sur le continent et livrée avec les autres argiles à la sédimentation détritique est toujours possible.

Enfin, à partir du niveau 31, la sédimentation détritique argileuse, alimentée par le lessivage du continent, reprend son cours normal et annonce le Siegenien daté.

En résumé, c'est une sédimentation purement marine et peu profonde. Elle comporte dans la région nord, vers le bas, un apport détritique en milieu marin agité par des courants. Vers le haut, elle devient partiellement biochimique (oxydes de fer, argiles de néoformation), dans un milieu très calme.

CHAPITRE III

ÉTUDE PALÉONTOLOGIQUE

Jusqu'à maintenant, la zone comprise entre les calcaires à *Scyphocrinus* et les premières lumachelles à Brachiopodes du Siegenien, était passée pratiquement sous silence et le problème de son âge était difficile à résoudre en l'absence de faune.

Les coupes étudiées et la découverte de la faune à *Acastella tiro* dans les marno-calcaires des Oudeï Sekkoum, permettent de resserrer dans une certaine mesure la limite entre le Gotlandien et le Dévonien. Deux repères paléontologiques sont maintenant connus :

1° *Microfaune des calcaires silteux de la Kédia Leglaga*

Ces calcaires (niveau 25) ne contiennent pas de macrofaune. Toutefois un *micro-organisme* à deux loges, resté indéterminé pour l'instant, est très abondant dans la formation et permet de la caractériser (Pl. XII, fig. 2; Pl. XXXI, fig. 1). L'organisme n'a pu être observé qu'en section, en plaque mince. Ces sections sont toujours constituées de deux loges généralement inégales séparées par une cloison rectiligne. Ces sections d'organisme, constituées de calcite, ont des dimensions de $50 \times 70 \mu$ à $100 \times 140 \mu$.

Des sections identiques ont été retrouvées dans le Frasnien, mais elles y sont beaucoup moins abondantes. Ce micro-organisme permet donc, à l'échelle locale, de reconnaître en plaques minces la zone de passage, dans son faciès calcaire. Il ne donne pour l'instant aucun renseignement sur l'âge de la formation.

2° *Faune des marno-calcaires des Oudeï Sekkoum*

Cette faune, dont les principaux gisements sont indiqués sur le croquis de situation de la coupe F₃ (fig. 53), se trouve dans les deux premiers bancs calcaires des marno-calcaires à Trilobites et dans l'argile qu'ils encadrent. Sur le tableau stratigraphique V, on trouvera la répartition des faunes dans ces différents bancs.

L'ensemble de la faune (Pl. XXXI et XXXII) a livré les espèces suivantes :

COELENTERES : *Syringaxon* sp. e. g. *smithi* PRANTL, *Pleurodictyum mauretanicum* LE MAITRE, *Emmonsia* sp.; BRACHIOPODES : *Spirifer* sp. e. g. *mercuri* GOSSELET, *Spirifer* sp., *Uncinulus* cf. *oehlerti* (BAYLE), *Camarotoechia* sp., *Athyris* sp. ?, *Fascicostella* sp. e. g. *gervillei* (DEFR.), *Orthis*

sp. 1, *Orthosphaera* sp. 2, *Leptaena rhomboidalis* (WILCKENS), *Stropheodonta* sp.; GASTEROPODES : *Ptychospaera constricta* (BARR.) PERNER, *Bucanella* sp.; TRILOBITES : *Acaste* (*Acastella*) *tiro* R. et E. RICHTER, *Acaste* (*Acastella*) *artesia* ? R. et E. RICHTER, *Calymene* (*Calymene*) *interjecta* HAWLE et CORDA, *Calymene* sp., *Homalonotus* (*Digonus*) *zemmourensis* PILLET.

On verra par ailleurs l'étude consacrée à cette faune de Trilobites par J. PILLET (1961). *Acaste* (*Acastella*) *tiro* n'est connu pour l'instant que dans le Gedinnien inférieur des « Ebbe Gebirge » (couches de Hüinghausen) en Allemagne. *Acaste* (*Acastella*) *artesia* (déterminé antérieurement comme *Acaste spinosa* par CH. BARROIS, P. PRUVOST et G. DUBOIS (1920), n'est connu que dans les schistes de Méricourt, de Liévin, dans l'Artois (Gedinnien inférieur). *Calymene interjecta* n'est connu que dans les étages F et G de Bohême (Dévonien inférieur et moyen). *Homalonotus* (*Digonus*) *zemmourensis*, espèce particulière au Zemmour, est très proche de *H. (Digonus) roemeri*, connu dans le Gedinnien allemand (Ebbe Gebirge) et dans les schistes de Mondrepuis. *Spirifer mercuri*, auquel a été rapporté sans certitude l'espèce des Oudei Sekkoum, est connu dans les schistes de Méricourt (Gedinnien de l'Artois) et dans les schistes de Mondrepuis (Gedinnien inférieur de l'Ardenne). *Ptychospaera constricta* est connu dans le Ludlow E₂ de Bohême et dans le Siegenien des confins marocains. Comme dans les gisements européens, certains genres sont plutôt abondants au Gotlandien (*Acaste*, *Calymene*) et d'autres au Dévonien (*Homalonotus*).

Etant donné cette faune, les marno-calcaires à Trilobites doivent être attribués au Gedinnien inférieur. Ils sont l'équivalent des schistes de Mondrepuis (Ardennes), des schistes de Méricourt (Artois), des couches de Hüinghausen (Ebbe, Allemagne) et enfin du Downtonien d'Angleterre (passage beds) (tableau n° 22).

3° Discussion de l'âge de la zone de passage

En résumé, au Zemmour, une faune de Trilobites permet de caractériser le Gedinnien inférieur. Toutefois, au-dessous, une zone d'environ 150 m n'a pas encore livré de faune. C'est cette zone, caractérisée pour l'instant par un seul micro-organisme, qui restera appelée provisoirement la zone de passage.

Comme dans l'Ardenne, l'Artois et l'Ebbe Gebirge, le Gedinnien, tant par sa faune que par ses faciès, est à rattacher plutôt au Dévonien inférieur qu'au Gotlandien supérieur. Encadrée par du Ludlow à *Scyphocrinus* et des marno-calcaires gedinniens, la formation de la Kédia Leglaga ne peut donc représenter que le Ludlow supérieur ou le Gedinnien inférieur.

CHAPITRE IV

SYNTHÈSE STRATIGRAPHIQUE

A. — STRATIGRAPHIE PROPOSÉE POUR LA ZONE DE PASSAGE ET LE GEDINNIEN AU ZEMMOUR

La stratigraphie proposée pour ces formations est donnée en entrée du tableau stratigraphique V. Elle n'a qu'une valeur très locale puisqu'on ne sait rien pour l'instant de sa prolongation au Nord et au Sud. La stratigraphie type est établie dans les Oudeï Sekkoum au droit du 26° parallèle, où se trouvent les meilleurs affleurements. Elle peut se résumer dans le tableau n° 20.

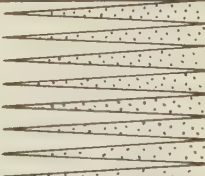
SIEGENIEN	32	lumachelles à nodules phosphatés
GEDINNIEN	31	argiles azoïques
	27-30	marno-calcaires des Oudeï Sekkoum à <i>Digonus zemmourensis</i> et <i>Acastella tiro</i>
ZONE DE PASSAGE	25-26	argiles azoïques  calcaires grésos-silteux de la Kédia Léglaga à micro-organisme à deux loges
LUDLOVIEN	23-24	schistes à rares <i>Monograptus</i> calcaires à <i>Scyphocrinus</i>

TABLEAU n° 20

Tableau synthétique de la stratigraphie de la zone de passage et du Gedinnien

Au-dessus des « prairies » à Crinoïdes du Ludlow, se dépose au Sud une puissante série d'argiles azoïques. Au Nord de Tighirt apparaissent dans cette formation des faciès plus grossiers (calcaires grés-silteux) constituant le faciès de la Kédia Leglaga. L'interprétation à laquelle nous avons été amené est celle de l'existence d'une zone plus agitée, due, par exemple, à la proximité d'un estuaire. Au-dessus de ces couches de passage non datées, vient une série marneuse contenant des bancs calcaires à Trilobites d'âge gedinnien inférieur. Le milieu de sédimentation est redevenu plus calme avec cette formation, où se dépose *in situ* une faune abondante, au milieu d'argiles supposées néoformées (montmorillonite). Ensuite, la sédimentation argileuse banale, alimentée par l'érosion du continent, reprend progressivement.

L'étude pétrographique montre bien ce caractère agité de la mer (courants) au cours du dépôt des couches de passage. La mer redevient très calme au Gedinnien inférieur daté, mais le milieu a perdu le caractère si fortement réducteur qu'il présentait au Gotlandien.

B. — PROBLÈME DE LA LIMITE GOTLANDIEN - DÉVONIEN

Le problème de la limite du Gotlandien et du Dévonien est un problème général, car il existe presque toujours entre les deux formations, soit des interruptions d'ordre tectonique (orogénie calédonienne) qui ne sont pas toutes exactement contemporaines, soit des formations continues mais pauvres en fossiles (zones de passage) que les auteurs ne sont pas toujours d'accord pour rapporter à l'un plutôt qu'à l'autre des deux systèmes.

1° En Afrique

L'existence du Gedinnien en Afrique a été signalée plusieurs fois, mais l'étage y est encore mal connu.

Dans l'*Adrar mauritanien*, le Gedinnien n'a pas encore été reconnu nettement (Th. MONOD, 1949, p. 412) (D. LE MAITRE, 1952c, p. 307). Il en est de même au Sahara espagnol où M. ALIA MEDINA (1949a, p. 63) écrit qu'aucun fossile d'âge gedinnien n'a été rencontré et que les sédiments fossilifères du Coblencien de la Dhala et des Gour Asraoul (Aseraui) sont directement superposés aux calcaires gotlandiens, ce qui « paraît indiquer pour ces régions une lacune des sédiments d'âge gedinnien ». Il suppose alors l'existence d'une émigration pendant le Gedinnien.

Dans la *Saoura*, l'existence du Gedinnien est suggérée par N. MENCHIKOFF (1933, p. 108-124; 1937), lorsqu'il signale, au-dessus des schistes et calcaires à *Scyphocrinus*, des schistes argileux roses ou gris à nodules, à *Pterinea migrans* BARRANDE et *Spirifer digitatus* BARRANDE, indiquant l'étage Ff₁ (e_γ) de Bohême. Ce point de vue a été abandonné par la suite, puisque D. LE MAITRE (1952b, p. 61) écrit que le « Gedinnien au sens ardennais n'a pu être identifié » bien que « le Dévonien inférieur de la Saoura et de la région d'Ougarta succède sans discontinuité apparente, dans les points étudiés, au Gothlandien ».

Sur la *bordure sud du synclinal de Tindouf*, N. MENCHIKOFF (1930, tableau n° II) attribue en partie au Gedinnien la base des grès et schistes inférieurs d'Aouinet Legraa. P. GEVIN reprend l'idée de la présence possible de Gedinnien (1948, 1960 [1958]). En 1948, il cite la présence de *Spirifer* cf. *mercuri*, puis en 1958 celle de *Spirifer* cf. *sulcatus*, qui sont tous deux des espèces gedinniennes. De plus il signale, à l'extrême base du Siegenien, des faunes de Trilobites des espèces gedinniennes. En 1948 comme A. cf. *spinosa*), *Cheirurus* sp., *Cryphaeus* sp., *Homalonotus* (*Digonus*) *laevicauda*, H. (*Digonus*) *le hiri*, H. (*Digonus*) *rhenanus*, H. (*Digonus*) *rudersdorfensis*.

Il serait hautement souhaitable qu'une étude comparée de cette faune avec celle des marno-calcaires à *Acastella tiro* et *Homalonotus zemmourensis* soit entreprise, afin que l'on puisse préciser si ces faunes sont équivalentes ou si au contraire celle d'Aouinet Legraa est réellement plus jeune. C'est une étude de ce genre qui a permis la récente mise au point sur le Gedinnien d'Europe occidentale par E. et R. RICHTER (1954).

Au Maroc, M. GIGOUT (1937b) signale dans le Haut-Atlas, au SE de Marrakech, le niveau Ff₁ (e γ) de Bohême avec *Spirifer inchoans* BARRANDE. En 1956, G. CHUBERT et J. MARÇAIS écrivent (p. 20) que « le passage du Gothlandien au Dévonien est insensible tant dans le Maroc central que dans le Sud-marocain. On ne connaît pas de complexe gréseux particulier à la limite de ces deux formations, comme c'était le cas pour le Géorgien, l'Acadien et l'Ordovicien ».

Toutefois les travaux de H. HOLLARD (1955, p. 10-11) montrent que dans l'Ouest du bassin du Dra, à l'Ouest de Fom el Hassane, des *couches rouges gréseuses, parfois calcaires*, se développent entre le Gothlandien et le Siegenien datés. Cette série rouge de plus en plus puissante vers l'Ouest (200 m à l'Ain Deliouine) acquiert dans cette direction un caractère lagunaire. Pour H. HOLLARD, il s'agit là d'une marque de la régression calédonienne.

2° En Europe

De nombreuses discussions sur cette limite ont opposé les points de vue des géologues britanniques et continentaux. Les premiers ont longtemps placé le Downtonien au sommet du Silurien, car il présente encore, comme lui, un faciès marin, et est recouvert par les vieux grès rouges à *Pteraspis crouchi* (R. I. MURCHISON, 1845; O. T. JONES, 1917). Les géologues allemands, belges et français font au contraire débiter le Dévonien plus bas avec le poudingue de Fépin et les arkoses d'Haybes, et ils incluent par équivalence le Downtonien dans le Gedinnien. La question qui reste la plus controversée est celle de l'attribution du Ludlovien supérieur (Whitcliff group), dans lequel il n'y a plus de Graptolites, au Ludlovien plutôt qu'à la base du Gedinnien et par suite au Dévonien.

Un tableau de correspondance a été proposé en 1954 par R. et E. RICHTER (p. 2), après révision et étude comparée des faunes de Trilobites du Shropshire, de l'Artois, de l'Ardenne et de l'Ebbe Gebirge. Pour ces auteurs, les Trilobites permettent d'ériger le Gedinnien en un étage indépendant au-dessus du Ludlow supérieur et appartenant au Dévonien. D'après les Trilobites, la limite la plus naturelle entre le Gothlandien et le Dévonien se situe entre le Ludlovien et le Gedinnien.

	ZEMMOUR	EBBE GEBIRGE	ARDENNE	ARTOIS	SHROPSHIRE
GEDINNIEU SUPERIEUR	Argiles à <i>Ostracodes</i> (niveau 31)	Couches bigarrées d'Ebbe	Schistes d'Oignies	Grès bigarrés de Pernes à <i>Pteraspis crouchi</i>	<i>crouchi</i> -zone } <i>leathensis</i> -zone } DITTONIAN
		Couches de Bredeneke		Psammites de Liévin à <i>Pt. gosseleti</i>	
	Marno-calcaires à <i>A. tiro</i> (niveaux 27-30)	Couches de Hüinghausen zone à <i>A. tiro</i> zone à <i>A. eliana</i>	Schistes de Mondrepuis Arkoses d'Haybes Poudingue de Fépin	~ Schistes de Méricourt	DOWNTONIAN
	Calcaires grés-silteux de la Kédia Leglaga (niveaux 25-26)			Couches de Drocourt	Whitcliff group UPPER LUDLOVIAN
LUDLOVIEU	Calcaires à <i>Sc. elegans</i> (niveaux 21-24)	Couches de Köbbinghausen à <i>Dayia</i>		Calcaire d'Angres	Aymestry group MIDDLE LUDLOVIAN
				Calcaire de Liévin à <i>Dayia</i>	
				?	LOWER LUDLOVIAN
		ORDOVICIEU	CAMBRIEN		

TABLEAU n° 21

Essai de corrélations des stratigraphies du Gedinnien du Zemmour et d'Europe

L'étude de la zone de passage du Zemmour permet, à la suite des déterminations de Trilobites par J. PILLET, de tenter des corrélations avec les formations européennes de la même époque. Le tableau n° 21 utilise pour cela les équivalences proposées par R. et E. RICHTER pour les formations d'Allemagne, France et Grande-Bretagne. Il faut noter que pour ces auteurs les schistes de Mon-

drepuis (Ardenne) sont un peu plus anciens que les schistes de Méricourt (Artois) alors que pour Ch. BARROIS, P. PRUVOST et G. DUBOIS (1920, p. 204, tableau XI), ils sont au contraire un peu plus récents.

D'après ces correspondances, on voit que les marno-calcaires des Oudeï Sekkoum doivent être l'équivalent des Hüinghauser Schichten (*tiro-zone*) et des schistes de Méricourt de l'Artois. Les calcaires gréso-silteux de la Kédia Leglaga, azoïques, seraient alors un équivalent approximatif des arkoses d'Haybes et des schistes et grauwackes de Drocourt. La rapide évolution des faunes d'*Acaste* au cours de cette période, autorise, malgré les distances, de telles assimilations.

QUATRIÈME PARTIE

LE DÉVONIEN INFÉRIEUR

INTRODUCTION

Historique

Le Dévonien inférieur est connu dans le Zemmour depuis les travaux de F. JACQUET. Précédemment, seul avait été signalé le Dévonien moyen (N. MENCHIKOFF, 1935, p. 38). « On doit attribuer au Coblencien les grès à Tentaculites avec *Spirifer rousseaui*; seul le Gedinnien reste indécis » (F. JACQUET, 1936). Ce même auteur (1937) écrit : « Le Dévonien inférieur reste identique dans tout le synclinal avec un Coblencien caractérisé et un Gedinnien douteux ». En 1942, N. MENCHIKOFF et M. NICKLÈS signalent (p. 61), dans les faunes rapportées par F. JACQUET, la présence de *Tropidoleptus* cf. *rhenanus* FRECH; ils confirment celle de *Spirifer rousseaui* ROUAULT, et signalent que le Dévonien inférieur est entièrement gréseux. Nous verrons qu'il s'agit en réalité de la partie supérieure de la série du Dévonien inférieur (les niveaux à *Tropidoleptus* appartiennent même déjà au Dévonien moyen, base du Couvinien).

Dans la partie sud du synclinal de Tindouf, le Dévonien inférieur avait été reconnu par N. MENCHIKOFF (1930, p. 28 et 30) dans la coupe d'Aouinet Legraa : « le Coblencien est bien caractérisé par la présence de *Spirifer primaevus* ».

Au Sahara espagnol, le Dévonien inférieur a été décrit par M. ALIA MEDINA dans divers ouvrages depuis 1943. Il l'a en particulier reconnu dans la Dala et le Gor Aseraoui (Asraoul), et la Dala Ernit, localités où il signale *Pleurodictyum problematicum*, *Spirifer rousseaui*, *Spirifer sub-speciosus*, etc... Il attribue cette faune au Coblencien, sans préciser inférieur ou supérieur, donc sans dire si la série est complète (Siegenien + Emsien).

Enfin, dans l'Adrar mauritanien, D. LE MAITRE (1952c, p. 308) a démontré l'existence du Siegenien à *Spirifer rousseaui*, *Sp. primaevus*, *Sp. hystericus*, et envisagé celle, plus problématique, de l'Emsien.

Zones d'affleurements.

Le Dévonien inférieur affleure en de nombreux points de la zone mauritanienne du Zemmour. On distingue plusieurs zones principales d'affleurements :

- le cœur du synclinal situé à l'Est de l'Oumat Chaggag;
- la zone monoclinale de l'Est, prolongation vers le Sud des Gour Asraoul décrits par M. ALIA MEDINA, zone qui comprend les régions de Khang Lejouad, d'Aguelte Iouineght et de Bir Aïdiat;
- le cœur de nombreux anticlinaux dans la zone plissée (Oudiate el Khyam, région de Douik el Akhdhar);

— la majeure partie de la zone plissée la plus proche de la chaîne de Dhlou (région des Oudiate Bouziane, de Douik el Abiodh, etc...).

C'est surtout sur la zone monoclinale de l'Est que porte notre étude. En effet, les autres zones sont très tectonisées, et permettent difficilement une étude stratigraphique détaillée. De plus, la zone des plissements du Dévonien inférieur à l'Est de Dhlou devait être étudiée lorsque sont survenus les incidents militaires.

CHAPITRE I

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE

A. — DESCRIPTION DES COUPES

Après le Gedinnien que nous avons étudié à part, la série dévonienne se poursuit par un Dévonien inférieur relativement fossilifère, composé à la base de lumachelles en grandes dalles alternant avec des schistes et des argiles, et vers le haut de lumachelles en bancs alternant avec des schistes et des grès.

C'est dans la zone monoclinale de l'Est que les affleurements sont les meilleurs. Toutefois les niveaux les plus tendres n'affleurent pas toujours, en particulier les niveaux argileux de la base. Nous étudierons successivement quatre coupes, du Nord au Sud (fig. 60) :

1° *Coupe de Khang Lejouad* (Coupe F₄)

2° *Coupe à l'Est de Tighirt* (Coupe E₃)

3° *Coupe de Douik Çreïer* (Coupe D₁₁)

4° *Coupe de Bir Aïdiate* (Coupe B₄)

Enfin nous y adjoindrons quelques observations complémentaires.

1° *Coupe du Dévonien inférieur de Khang Lejouad* (Coupe F₄)

Cette coupe est la prolongation vers l'Ouest des coupes F₁, F₂ et F₃ (p. 90, 216 et 271). Elle recoupe, au Nord de la passe de Khang Lejouad, l'extrémité sud de la Dhalat Asraoul qui s'étend largement, plus au Nord, au Sahara espagnol (sous le nom de Dala et Gor Aseraut dans la transcription espagnole). La coupe va des Oudeï Sekkoum à l'Oued Aïn Terguit qui masque le Dévonien moyen (fig. 55).

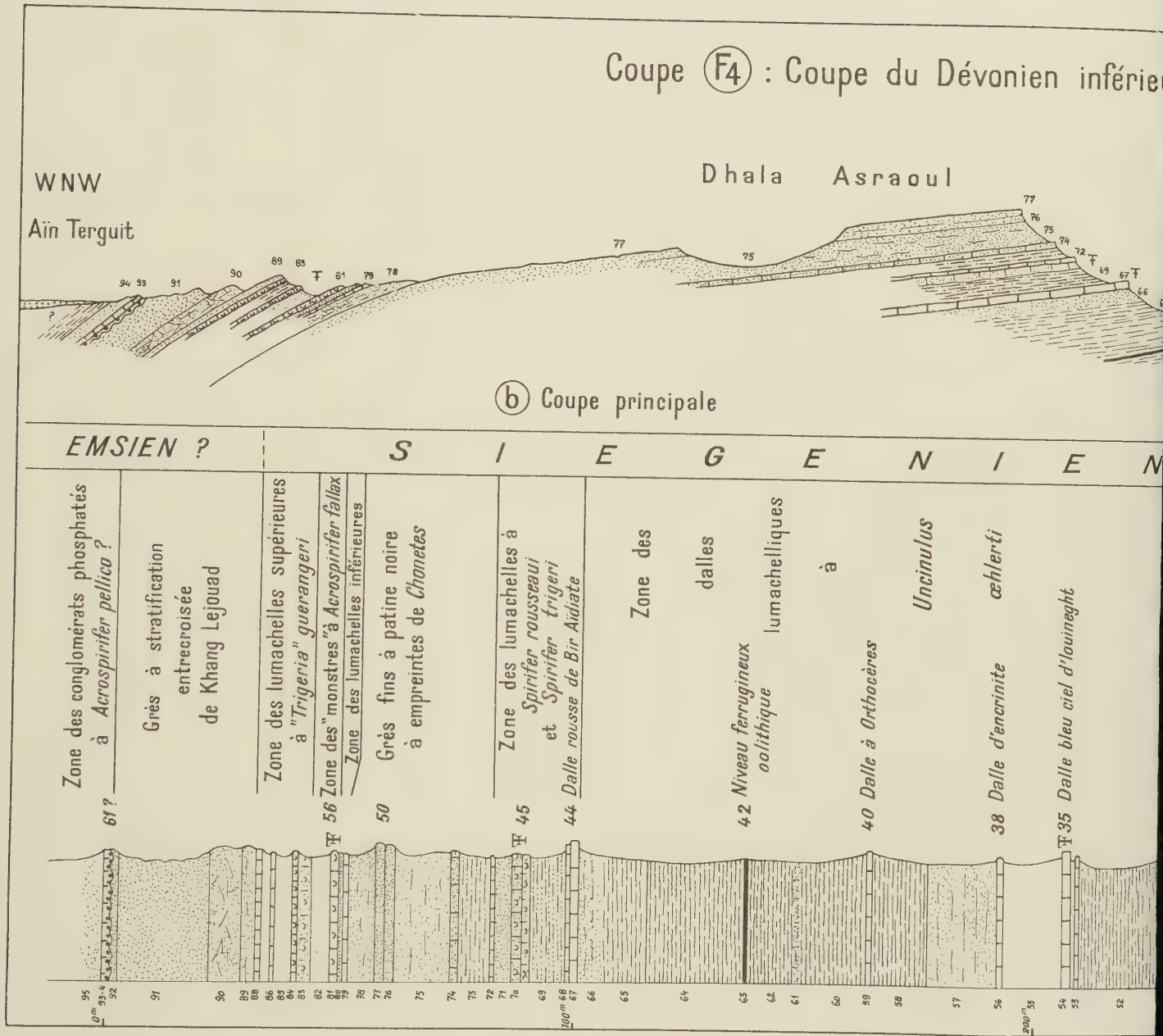
Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₄ : Description des niveaux	Ech.
			La partie supérieure de la coupe est masquée par les alluvions de l'Oued Aïn Terguit.	
95	8 m	63-64	Grès tendres calcaires, en fines plaquettes, alternant avec des bancs plus durs.	
94	0,20 m	62	Calcaire détritique gris bleu à Ostracodes, peu fossilifère, à Polypiers, <i>Loxonema</i> , <i>Goniatite</i> indéterminable et <i>Orthoceras</i> .	595 596 21594
93	0,10 m	61	Conglomérat à galets de grès calcaires, de grès phosphatés, phosphates oolithiques, pélites phosphatées, phosphate pélitique, à gangue de calcaire gréseux, à débris de Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes et Crinoïdes.	21596
92	1 m	60	Dalle terminale de grès à ripplemarks.	
91	20 m		Grès plus tendres que les grès sous-jacents, à stratification entrecroisée, rouge vin, à lits d'hématite.	594 593
90	7 m		Grès ankéritique un peu ferrugineux, brun rougeâtre, à stratification entrecroisée, à oolithes de chamosite, à débris de Brachiopodes, Crinoïdes et Tentaculites.	21593
89	3 m	58	Grès un peu calcaire, grumeleux, à concrétions ferrugineuses, à patine noire, à rares empreintes de <i>Spirifer</i> et Crinoïdes.	21595 592
88	0,10 m	57-58	Petite dalle de calcaire lumachellique rouge, à concrétions ferrugineuses.	
87	2,50 m		Talus masqué.	
86	0,20 m	57	Dalle de calcaire lumachellique gris jaune un peu gréseux et ferrugineux, en voie de dolomitisation, à <i>Stropheodonta murchisoni</i> , <i>Rhipidomella</i> sp., <i>Bembexia</i> cf. <i>larteti</i> .	589 590 591
85	5 m		Talus masqué.	
84	0,30 m		Lumachelle calcaire à <i>Acrospirifer fallax</i> , à patine ocre.	21592
83	3 m		Calcaire gréseux à grandes <i>Schuchertella</i> et à <i>Spirifer</i> rare.	
82	6 m	56	Talus de grès probables tendres masqués par des éboulis.	
81	1 m		Grès lumachellique calcaire et chloriteux fin jaunâtre, à oolithes de chamosite, et à débris de Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes, Crinoïdes et Eoptéropodes, à faune de grande taille dont : <i>Acrospirifer fallax</i> , <i>Straelenia papilio</i> var. <i>zemmourensis</i> , <i>Stropheodonta</i> sp., <i>Pentamerus acostatus</i> ?, <i>Camarotoechia</i> sp.	21591 588
80	0,30 m	52-55	Dalle de grès noirs peu fossilifères, à ripplemarks en damier.	
79	0,20 m		Calcaire brun jaunâtre à cassure spathique azoïque.	
78	7 m	51	Grès fin un peu argileux, en petites dalles, à rares empreintes de <i>Spirifer</i> .	
77	2 m	50	Grès fin calcaire à oolithes de chamosite, brun verdâtre, à rares débris de Brachiopodes et Trilobites, plus ou moins micacé, à patine noire, se débitant en plaquettes.	21590

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₄ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
76	2 m	50	Grès fin silteux, chloriteux, un peu micacé, gris, à patine noire, à empreintes de couleur rouille de tests dissous : <i>Pleurodictyum</i> sp., <i>Trigieria</i> sp., <i>Chonetes</i> sp. e.g. <i>tenuicostata</i> , <i>Asteropyge</i> , etc., se débitant en plaquettes ou petites dalles, à ripplemarks en damier.	cf. 342 (plus au Sud)
75	12 m	49	Grès tendres fins micacés, verdâtres, à surface irrégulière, à pistes de Vers, traces, etc.	21589
74	1 m	48	Grande dalle de grès légèrement calcaire, avec des lits de grauweekes du type ardennais (anciennes lumachelles à tests calcaires dissous).	21588
73	8 m	47	Siltstone micacé chloriteux verdâtre azoïque, en plaquettes, alternant avec des bancs de grès fin micacé en plaquettes.	21587
72	0,50 m	46	Lumachelle gréseuse, calcaire et ferrugineuse, à concrétions d'hématite, à débris de Polypiers, Bryozoaires, Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes, Crinoïdes, et à <i>Schuchertella</i> sp. et <i>Costispirifer trigieri</i> .	586 587 21586
71	4 m	45	Grès fins et siltstones micacés en plaquettes.	
70	4 m		Siltstone calcaire lumachellique micacé vert, à <i>Spirifer</i> sp. e.g. <i>rousseauui</i> et <i>Spirifer</i> sp. e.g. <i>trigieri</i> .	
69	9 m		Alternance d'argiles, de siltstones et de grès quartzites fins micacés chloriteux en plaquettes, à fine stratification entrecroisée, à traces de Vers.	21585
68	0,80 m	44	Deuxième dalle, identique, superposée à la première, plus riche en gros articles de Crinoïdes usés et plus ferrugineuse.	
67	1 m		« Grande dalle rousse », formant falaise : calcaire lumachellique un peu silteux, à patine rousse, à concrétions d'hématite, riche en Bryozoaires, à <i>Favosites</i> sp. e.g. <i>gothlandicus</i> , <i>Pleurodictyum</i> sp. e.g. <i>selcanum</i> ?, <i>Spirifer</i> sp. e.g. <i>rousseauui</i> , <i>Spirifer</i> sp. e.g. <i>trigieri</i> , et à gros articles usés de Crinoïdes (1).	21584 585
66	6 m	43	Grès fin mal consolidé à <i>Spirifer</i> .	584
65	10 m		Argiles altérées bleu ciel, gypseuses et salées.	
64	21 m		Argiles grises.	
63	0,15 m	42	Banc de minerai de fer oolithique calcaire, à oolithes de chamosite et concrétions d'hématite, à Brachiopodes.	21581 583
62	10 m	41	Argiles.	
61	1 m		Siltstone calcaire poecilithique, un peu micacé, gris, à rares Ostracodes, à empreintes de Lamellibranches (<i>Panenka</i> ?) et traces de Vers.	21580 582
60	15 m		Argiles gypseuses.	
59	0,10 m	40	Petite dalle de calcaire bleu mauve, à odeur fétide, à débris de Brachiopodes et de Crinoïdes et à Orthocères.	

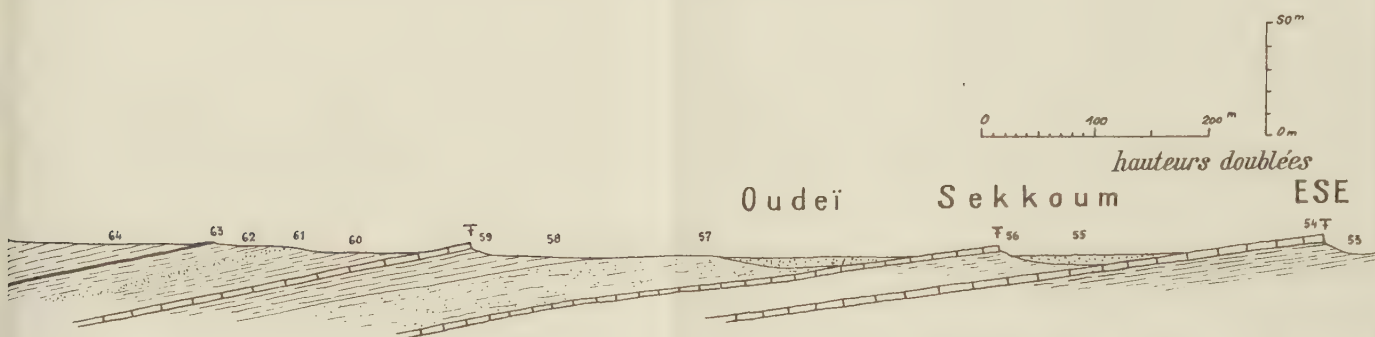
(1) Indéterminables, mais apparemment semblables aux cf. *Gennaeocrinus* de la coupe de Gara Djebilet (P. GEVIN, 1960 [1958], p. 110).

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₄ : Description des niveaux (suite)	Ech.
58	13 m	39	Argiles brun verdâtre à lits silteux, parfois un peu micacées, azoïques.	21579
57	16 m		Grès fins et siltstones verdâtres tendres affleurant mal.	
56	0,50 m	38	Deuxième dalle : calcaire cristallin gris bleu à petits Brachiopodes (<i>Athyris</i> sp.) et <i>Uncinulus oehlerti</i> , et à Ostracodes et Crinoïdes.	581
55	14 m	36-37	Niveau masqué, probablement schisto-gréseux.	
54	1,50 m	35	Première grande dalle de calcaire lumachellique cristallin à débris de Brachiopodes, à patine bleu clair, à odeur fétide (les concrétions d'hématite y sont rares), formant un repère topographique important, à <i>Uncinulus oehlerti</i> .	21578
53	0,50 m	34	Lumachelle de Brachiopodes d'assez grande taille, jaune ocre en surface, à cf. <i>Hysterolites hystericus</i> , <i>Camarotoechia</i> cf. <i>nympha</i> , <i>Schuchertella</i> cf. <i>umbracula</i> , <i>Leptaena</i> et <i>Dielasma</i> .	580 21577
52	21 m	33	Argiles plus ou moins silteuses, azoïques, jaunâtres en surface, brunes en profondeur.	21576
51	3 m	32-33	Calcaire lumachellique ferrugineux lie-de-vin, à concrétions d'hématite, à <i>Athyris</i> (0,10 m).	
50			Grès-quartzite très fin micacé chloriteux et ferrugineux, à rares spicules d'Eponge, à traces de Vers (0,20 m).	572
49		32	Banc de calcaire lumachellique jaune brun, finement gréseux, à nodules noirs de pélites phosphatées et à débris de Bryozoaires, Brachiopodes, Crinoïdes et à tests en cours de silicification de Lingulidés et Trilobites (0,10 m).	571
48	5 m		Argiles micacées silteuses contenant un niveau de poulingue phosphaté lumachellique, à « galets » noirs de grès et siltstones phosphatés et calcaires, et à ciment hématitique calcaire.	570
47	0,10 m		Siltstone calcaire et ankéritique lumachellique, brun, à débris (en voie de silicification et d'ankéritisation) de <i>Pleurodictyum</i> sp., de Bryozoaires, de Brachiopodes (<i>Athyris</i> sp., <i>Chonetes</i> sp.) et de Trilobites (<i>Homalonotus</i> sp.) (= grauwacke du type ardennais).	569
46	3 m		Argiles légèrement silteuses grises à Ostracodes et Eoptéropodes.	21574
45	5 m		Siltstone micacé, vert à la cassure, à traces de Vers.	
44	0,20 m		Calcaire lumachellique silteux ferrugineux rouge violacé, à nodules phosphatés, à débris de Brachiopodes, Trilobites, Crinoïdes, etc.	568
43	4 m		Partie masquée probablement argileuse.	
42	0,10 m		Calcaire lumachellique ferrugineux à nodules phosphatés noirs.	
41	6 m		Partie masquée probablement argileuse.	
40	0,30 m		Calcaire lumachellique gris clair à Brachiopodes.	

Coupe (F4) : Coupe du Dévonien inférieur

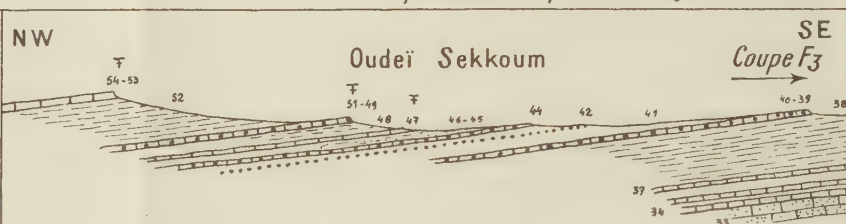


r de la Dhala Asraoul au Nord de Khang Lejouad

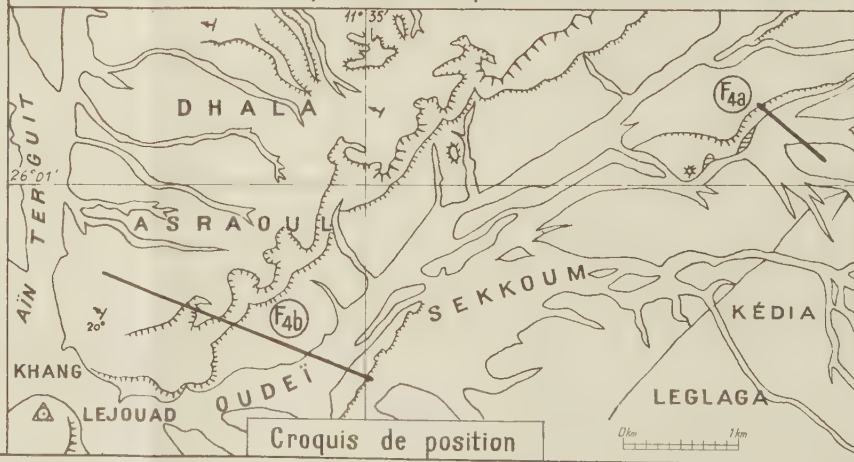
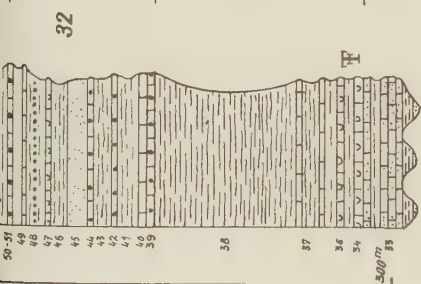


Épaisseur d'après les Logs du B.R.P.

	GEDINNEN	ZONE DE PASSAGE
Lumachelles à <i>Brachiopodes</i> à nodules phosphatés	Zone des marno-calcaires à <i>Trilobites</i> à <i>Acastella tiro</i> <i>Calymene interjecta</i> <i>Homalonotus zemmourensis</i>	Grès calcaires de la Kédia Leglaga



(a) Base de la coupe, étudiée plus au Nord (même échelle)



Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₄ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
39	0,10 m	32	Calcaire lumachelique très ferrugineux, à petits nodules phosphatés, violacé.	
38	25 m	31	Argiles à gypse azoïques et argiles pélitiques schisteuses gris jaunâtre à Crinoïdes.	21571
34-37	13 m	27-30	Marno-calcaires à Trilobites (voir détail sur coupe F ₃ , p. 273).	
33		25-26	Calcaires grés-silteux de la Kédia Leglaga.	

Les principales unités stratigraphiques de cette coupe peuvent se résumer dans le tableau suivant :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₄ : Description des niveaux
95	8 m visibles	63-64	Grès tendres.
93-94	0,30 m	61-62	Conglomérat phosphaté et calcaire gris bleu à Orthocères.
89-92	31 m	58-60	Grès variés, à fossiles marins à la base, à stratification entrecroisée et grands ripple-marks au sommet.
79-88	18,5 m	52-57	Petites dalles ou bancs de lumachelles plus ou moins gréseuses, souvent à oolithes de chamosite, dont le niveau 81 à <i>Acrospirifer fallax</i> , alternant avec des grès et des siltstones.
73-78	32 m	47-51	Grès fins variés, souvent à patine noire, dont le niveau 76 à <i>Pleurodictyum</i> et <i>Chonetes</i> .
67-72	19,5 m	44-46	Siltstones et bancs de lumachelles à <i>Spirifer rousseaui</i> et <i>Spirifer trigeri</i> , avec notamment à la base une grande dalle à patine « rousse » (niveau 67).
52-66	130 m	33-43	Epaisse formation essentiellement argileuse, comportant également quelques niveaux de siltstones, avec plusieurs grandes dalles de calcaire lumachelique à <i>Uncinulus oehlerti</i> et un niveau ferrugineux oolithique.
39-51	27 m	32	Alternance de petits bancs de lumachelles plus ou moins ferrugineuses à nodules phosphatés, d'argiles et de siltstones.
38	25 m	31	Argiles gypseuses à rares débris de Crinoïdes.
34-37	13 m	27-30	Marno-calcaires à <i>Acastella tiro</i> du Gedinnien inférieur.
34-95	304 m	27-64	

Le haut de la coupe est interrompu par les terrasses de l'Oued Aïn Terguit. La séquence est à dominance argileuse vers le bas et gréseuse vers le haut. Les lumachelles qui s'y intercalent forment de grandes dalles au milieu des argiles, et des bancs plus minces mais plus nombreux, au milieu des grès. La grande dalle rousse à *Spirifer trigeri* et *Sp. rousseaui* sépare sensiblement la formation gréseuse de la formation argileuse.

Certains niveaux seront de bons repères pour les corrélations avec d'autres coupes, notamment la dalle bleu ciel, la dalle d'encrinite, la dalle à Orthocères, la dalle à *Spirifer trigeri*, les grès à empreintes de *Chonetes*, la lumachelle à *Spirifer fallax*, le niveau ferrugineux, les niveaux phosphatés. La séquence totale atteint 305 m. Si on en retire la partie déjà attribuée au Gedinnien, il reste une séquence de 253 m.

2° Coupe à l'Est de Tighirt (Coupe E₃)

Cette deuxième coupe du Dévonien inférieur est située à 20 km au SSW de la précédente. Le croquis de position de la fig. 56 donne sa position exacte en contre-bas de la grande falaise de Tighirt. Les falaises sont généralement bien dégagées, car elles sont situées à la ligne de partage des eaux entre le bassin de la Seguia el Hamra et celui de la Sebkhate Oudiate el Khyam.

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe E ₃ : Description des niveaux	Ech.
35		64 ?	Siltstone argileux micacé gris, azoïque, constituant la base de la grande falaise de Tighirt.	21664
34	0,30 m	62	Calcaire ankéritique ferrugineux un peu gréseux, jaune ocre, à oolithes de chlorite, à Orthocères et à Ostracodes.	386
33	0,20 m	61	Conglomérat jaune ocre à galets noirs de grès phosphaté, de phosphate gréseux, de phosphate pélitique ferrugineux, de phosphate oolithique, un peu gréseux, ankéritique, à Ostracodes.	21663
32	18 m	60	Bancs de grès fin plus ou moins calcaire et argileux, presque azoïque, dont la base plus dure forme une corniche.	21662
	16 m	57-59	Plusieurs bancs de grès calcaire fin poecilithique brun, alternant avec des calcaires lumachelliques légèrement gréseux et ferrugineux brun jaune à oolithes de chamosite et à très abondants débris de tests, à « <i>Trigeria</i> » sp. e. g. <i>guerangeri</i> .	21661 21660 387
30	5 m	56	Grès calcaire fin lumachellique gris jaunâtre, en voie de silicification, plus marneux vers le sommet, à débris de Brachiopodes, Ostracodes et Crinoïdes, à fossiles de grande taille (zone des Monstres) : COELENTERES : <i>Zaphrentid</i> non déterminé; BRACHIOPODES : <i>Acrospirifer fallax-primaevus</i> , <i>Straelenia papilio</i> var. <i>zemmourensis</i> , <i>Camarotoechia</i> cf. <i>daleidensis</i> , <i>Meganteris</i> sp. e. g. <i>archiaci</i> , <i>Athyris sougyi</i> , cf. <i>Schizophoria striatula</i> , <i>Rhipidomella</i> sp. e. g. <i>hamoni</i> , cf. <i>Tropidoleptus rhenanus</i> , <i>Schuchertella</i> cf. <i>umbracula</i> , <i>Gypidula</i> sp.	330 388
29	1 m	55	Grande dalle de calcaire silteux ferrugineux lumachellique, brun jaune à violacé, à concrétions d'hématite et à débris de Bryozoaires, Brachiopodes, Crinoïdes, etc., à <i>Acrospirifer fallax</i> et <i>Schuchertella umbracula</i> .	329 388 bis
28	2 m	54	Grès-quartzite calcaire lumachellique brun jaune à débris de Brachiopodes.	389
27	11 m	53	Grès fin calcaire et argileux ferrugineux brun, à fins débris de Brachiopodes, tendant vers un grès-quartzite.	21659
26	0,20 m	52	Calcaire lumachellique très légèrement gréseux, à oolithes de chamosite remplacée par de la calcite, à nodules de grès phosphatés, brun jaunâtre.	21658

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe E ₃ : Description des niveaux (suite)	Ech.
25	31 m	51	Grès fins variés, de haut en bas :	390 391
24		50	Grès à patine noire.	
23			Grès chloriteux fins un peu ferrugineux, à fines empreintes rouges de <i>Pleurodictyum</i> , <i>Lingula</i> , <i>Trigéria</i> , <i>Chonetes</i> sp. e. g. <i>tenuicostata</i> et de <i>Comura</i> (<i>Comura</i>) <i>praecursor</i> . Grès-quartzite chloriteux très fin gris foncé, légèrement micacé, devenant plus tendre vers la base.	
22	2 m	47-49	Grès calcaire poecilithique fin, brun, à spicules, à rares oolithes de chamosite et à rares débris de fossiles.	21656
21	15 m	45-46	Argiles brunes au sommet. Argiles indurées (argilites) vert olive azoïques. Siltstones à la base.	21655
20	2 m	44	Grande « dalle rousse » (de Bir Aïdiate), subdivisée ici en deux dalles de calcaire lumachellique un peu grésosilteux, violet à brun, à débris de Crinoïdes, Trilobites, Brachiopodes, Polypiers, Bryozoaires, Ostracodes, etc., à <i>Acrospirifer</i> sp. e. g. <i>rousseaui</i> , <i>Costispirifer</i> sp. e. g. <i>trigéri</i> , <i>Athyris</i> sp. et <i>Uncinulus imperator</i> .	354 327 392 21654
19	22 m	43	Argile un peu silteuse (ou pélitique) finement micacée, parfois salée, gris verdâtre, à Ostracodes et Eoptéropodes.	21653
18	2 m	42	Niveau ferrugineux comportant un calcaire ferrugineux violet à oolithes de chamosite et ciment ferrugineux, à 31 % de fer métal, et un minerai de fer calcaire microcristallin rouge vin, à 30,9 % de fer métal.	393 21652
17	9 m	41	Argile indurée pélitique gris bleuté, à Ostracodes et Eoptéropodes.	21651
16	0,20 m	40	Petite dalle de calcaire lumachellique hétérogranulaire gris bleu, à odeur fétide, à concrétions d'hématite, à <i>Uncinulus oehlerti</i> et Orthocères, et à débris de Brachiopodes articulés, Lingulidés et Trilobites.	21650 394
15	13 m	39	Argiles gris bleuté à Eoptéropodes.	21649
14	0,05 m	39 bis	Petit banc de calcaire cristallin à Entroques (encrinite), à odeur fétide, gris bleu, à débris de Brachiopodes articulés, Lingulidés et Ostracodes, à <i>Uncinulus oehlerti</i> et <i>Athyris</i> sp.	21648
13	8 m	39	Argiles à passées gréseuses.	
12	0,30 m + 0,10 m	38	Dalle se subdivisant parfois en deux, de calcaire à entroques (<i>encrinite</i>) cristallin, légèrement grésosilteux, gris bleu, à débris de Brachiopodes articulés, Ostracodes, Bryozoaires, Trilobites et Lingulidés, avec parfois des petits nodules phosphatés.	21537 21536
11	3 m	37	Grès argileux très fin, très légèrement calcaire, à rares débris de Lingulidés.	21535
10	3 m	36	Argile pélitique micacée grise, légèrement indurée, azoïque.	21534
9	1 m	35	Dalle de calcaire cristallin un peu gréseux, à entroques, lumachellique, brun jaune, de patine bleu clair, à odeur	

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe E ₃ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
9 (suite)			fétide, à concrétions d'hématite, à Ostracodes, et à débris de Brachiopodes articulés, Gastéropodes, Bryozoaires et Lingulidés (dalle d'Iouineght), à <i>Uncinulus oehlerti</i> .	353 21533
8	6 m	34	Siltstones micacés avec des intercalations de siltstone calcaire poecilithique micacé à rares débris de fossiles.	326 352
7	0,20 m			
6	11 m	33	Argiles brunes et siltstones.	
5	0,10 m	32	Petit banc de dolomie calcaire (ankéritique) silto-gréseuse, très ferrugineuse, rouge vin, à très abondants débris, à nodules phosphatés par endroits.	21532
4	9 m	31-32	Siltstone calcaire et argileux grossier, légèrement micacé, gris verdâtre, à débris de Brachiopodes et d'Ostracodes.	21531
3	30 m	31	Argiles grises micacées à Eoptéropodes.	21530
2	0,10 m	27-30	Passées de calcaire grés-silteux un peu argileux, lumachelique, brun, en plaquettes, à <i>Acastella tiro</i> .	21529
1		26	Argiles de la zone de passage.	

Cette coupe du Dévonien inférieur de Tighirt peut se condenser de la façon suivante :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe E ₃ : Description des niveaux
35		64 ?	Siltstones.
33-34	0,50 m	61-62	Conglomérat phosphaté et calcaire ankéritique à Orthocères.
32	18 m	60	Grès fins plus ou moins calcaires.
26-31	35 m	52-59	Lumachelles en bancs alternant avec des siltstones et des grès fins, dont le niveau 30 à <i>Acrospirifer fallax-primaevus</i> et <i>Straelenia papilio</i> var. <i>zemmourensis</i> .
22-25	33 m	47-51	Grès fins variés, dont le niveau 24 à <i>Pleurodictyum</i> sp. et <i>Chonetes</i> sp. e. g. <i>tenuicostata</i> .
20-21	17 m	44-46	Argiles, siltstones et grande dalle rousse (niveau 20) à <i>Acrospirifer</i> sp. e. g. <i>rousseau</i> et <i>Costispirifer</i> sp. e. g. <i>trigeri</i> .
6-19	78 m	33-43	Formation essentiellement argileuse, avec quelques niveaux silteux, comportant plusieurs grandes dalles de calcaire lumachelique à <i>Uncinulus oehlerti</i> et un niveau (18) ferrugineux à oolithes de chamosite.
5-4	9 m	32	Petit banc (0,10 m) de dolomie calcaire à nodules phosphatés, et siltstones calcaires.
3	30 m	31	Argiles micacées à Eoptéropodes.
2	0,10 m	27-30	Niveau calcaire grés-silteux lumachelique à <i>Acastella tiro</i> du Geddinnien inférieur.
2-34	221 m	62-27	

Coupe (E3) : Coupe du Dévonien inférieur à l'Est de Tighirt

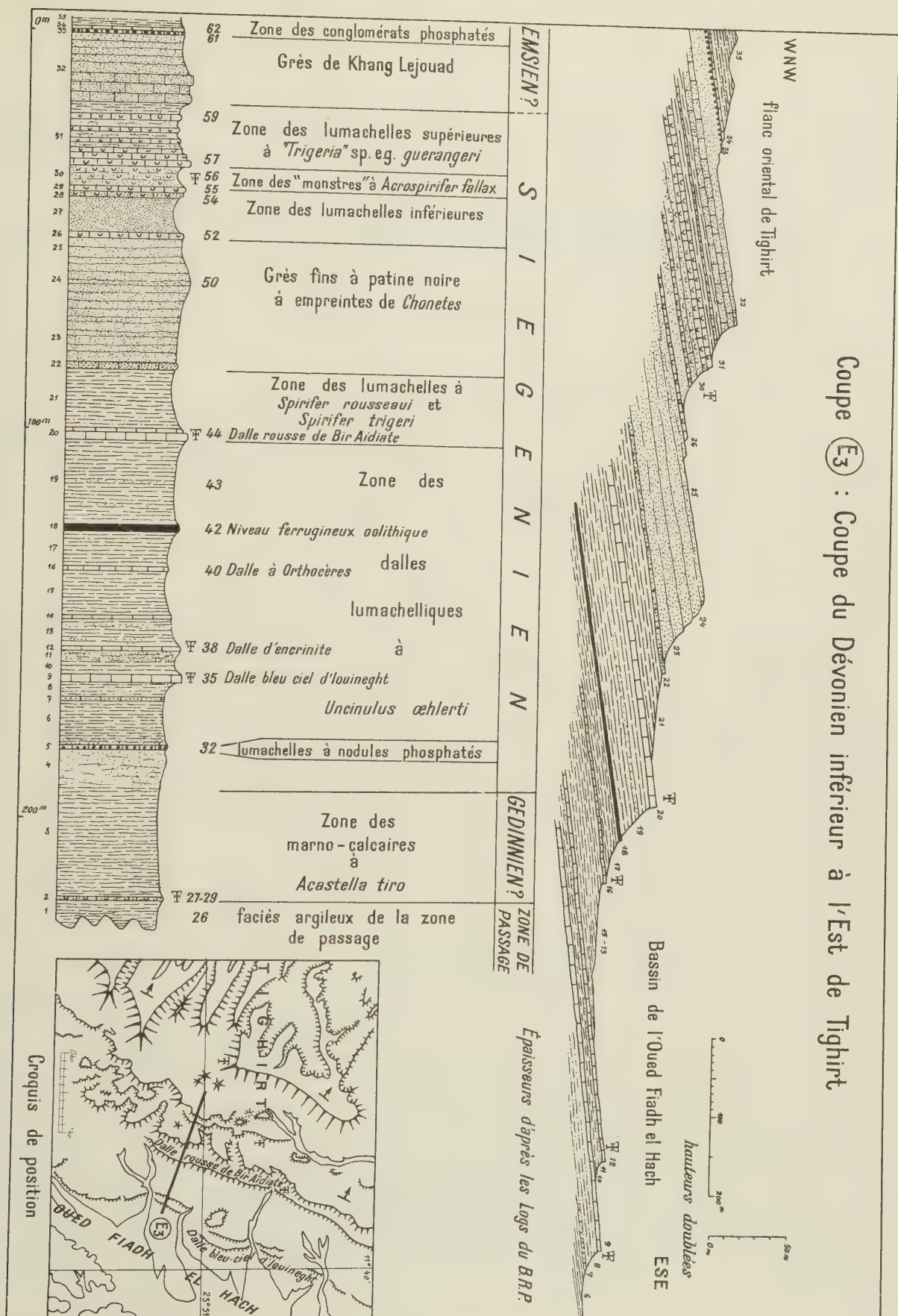


FIGURE 56

Cette coupe présente des niveaux-repères communs avec la coupe de Khang Lejouad. Ce sont de haut en bas :

- le conglomérat phosphaté et le calcaire à Orthocères qui le surmonte (niveaux 61-62 de la coupe synthétique);
- le grès calcaire lumachellique à *Acrospirifer fallax* (56);
- le niveau de grès noirs à empreintes de *Pleurodictyum* et *Chonetes* (50);
- la dalle calcaire rousse, dite de Bir Aïdiate, à *Acrospirifer* sp. e. g. *rousseau* et *Costispirifer* sp. e. g. *trigeri* (44);
- le niveau ferrugineux oolithique (42);
- la dalle de calcaire lumachellique à Orthocères (40);
- la dalle d'encrinite (38);
- la dalle bleu ciel dite d'Iouineght (35);
- le niveau à nodules phosphatés (32);
- le calcaire grés-silteux à *Acastella tiro* (27).

On note toutefois une diminution nette des puissances, dans la mesure où l'on peut apprécier les pendages, ce qui est difficile dans les zones argileuses masquées. La séquence comprise entre le banc à *Acastella tiro* et le banc de calcaire à Orthocères (27 à 62) passe de 220 m à Tighirt à 298 m à Khang Lejouad. Cet épaississement vers le Nord ne concerne d'ailleurs que la partie argileuse située sous la grande dalle rousse à *Spirifer trigeri*. En effet la partie située au-dessus de cette dalle (44 à 62) reste constante (environ 105 m).

3° Coupe de Douik Çreïer (Coupe D₁₁)

Cette coupe a pour but d'étudier le Dévonien inférieur de Douik Çreïer, petit guelb situé à l'Ouest de l'Oumat el Ham, au Sud immédiat de la grande Sebkhât Oudiate el Khyam, en bordure de l'Oued Belfaa. Elle est située à 37 km au SSW de la coupe précédente (fig. 57).

La misison du B.R.P. n'y a pas fait de mesure au tachéomètre, aussi les épaisseurs sont-elles données avec une plus grande marge d'erreur. La base du Dévonien inférieur, et notamment le Gedinnien, est masquée par l'Oued Belfaa. Toutefois un affleurement, indiqué sur le croquis de position, de grès très fin présentant des structures de « slumping », analogue à ceux observés à Tighirt et en d'autres points, semble devoir être rattaché à la zone de passage du Gotlandien au Dévonien. La zone à *Acastella tiro* n'a pas encore été observée dans cette région.

Enfin le bas de la coupe, au niveau des premières grandes dalles calcaires, est perturbé par des plissements qui rendent difficile l'appréciation des pendages.

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₁ : Description des niveaux	Ech.
27			Combe probablement à dominance argilo-silteuse.	
26	4 m	63	Grès calcaire poecilithique un peu micacé gris brunâtre, très fin, à spicules, en plaquettes.	2147
25	2 m	62	Interstratifié dans des roches tendres n'affleurant pas, un banc de 0,20 m de calcaire cristallin très pur gris bleu, à patine bleu sombre, à odeur fétide, à entroques, à Ostracodes et Eoptéropodes et à débris de Gastéropodes, Orthocères et Trilobites.	2146
24	0,30 m	61	Conglomérat à galets noirs phosphatés et à ciment anké-ritique.	2145
23	6 m	59	Plusieurs bancs de 0,20 m de calcaires lumachelliques en plaquettes, jaunes, à intercalations argileuses, à Polypiers et à <i>Spirifer</i> sp., <i>Orthis</i> et <i>Camarotoechia</i> .	2144
22	3 m	57-58	Grès fin à patine noire, en bancs de 20 cm, à rares empreintes de <i>Spirifer</i> sp.	2143

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₁ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
21	0,20 m 2 m 0,20 m	57-58	Deux bancs, séparés par 2 m d'argile, de calcaire lumachellique, à « <i>Thamnopora</i> » nov. sp. et à Brachiopodes de taille normale, dont <i>Trigéria</i> sp. abondantes, <i>Spirifer</i> sp., <i>Camarotoechia</i> sp., <i>Athyris</i> sp. e. g. <i>undata</i> et <i>Leptaena rhomboidalis</i> .	2142
20	5 m		Argile vert clair en surface, à intercalations de lits gréseux.	
19	0,20 m		Calcaire lumachellique à Brachiopodes.	
18	5 m	56	Calcaire lumachellique un peu gréseux à faune abondante de grande taille à <i>Acrospirifer fallax</i> , <i>Camarotoechia</i> sp., <i>Straelenia papilio</i> var. <i>zemmourensis</i> , <i>Schizophoria</i> sp., <i>Meganteris</i> sp. e. g. <i>archiaci</i> , <i>Schuchertella</i> sp. (zone des Monstres).	2141
17	3 m	base de 56	Calcaire lumachellique gréseux, jaune, à gros Brachiopodes dont <i>Acrospirifer fallax-primaevus</i> et <i>Chonetes</i> sp.	2140
16	3 m	55	Banc de calcaire lumachellique à concrétions d'hématite, à <i>Trigéria oliviani</i> , Lamellibranches, Gastéropodes et Trilobites, au-dessus de terrains tendres non visibles.	2139
15	0,30 m	54	Grès calcaire poecilithique jaune, à cassure spathique.	
14	2 m	52	Lumachelle jaune ocre, à débris indéterminables (banc de quelques centimètres dans des terrains tendres).	
13	5 m	51	Grès fin à patine noire, à ripplemarks, plus ou moins feuilleté; se termine par une dalle de 0,20 m à traces de Vers et galets dissous, peu fossilifère, à empreintes de <i>Spirifer</i> sp., et de segments de Trilobites, formant le sommet de Douik.	2138
12	8 m		Pélite micacée argileuse vert clair azoïque.	2137
11	19 m	49-50	Grès en bancs, plus ou moins calcaire, à empreintes de <i>Chonetes</i> sp. e. g. <i>tenuicostata</i> et à segments d' <i>Homalotus</i> .	2136
10		48	Lumachelle calcaro-gréseuse à <i>Costispirifer</i> sp. e. g. <i>trigéri</i> de grande taille, <i>Athyris undata</i> , <i>A.</i> sp.	2135
9		47	Grès massifs à ripplemarks, à empreintes de plantes (?)	
8	5 m	46	Banc de lumachelle gréso-calcaire (dont un banc de calcaire de 0,50 m à concrétions d'hématite) riche en <i>Athyris undata</i> , <i>Acrospirifer</i> sp. e. g. <i>rousseauï</i> , <i>Stropheodonta</i> sp., <i>Schuchertella</i> sp.	2134
7	8 m		Argile.	
6	13 m	45	Siltstone calcaire tendre vert clair, plus ou moins grumeleux, avec quelques intercalations de silt argileux, à <i>Acrospirifer</i> sp. e. g. <i>rousseauï</i> , <i>Costispirifer</i> sp. e. g. <i>trigéri</i> , <i>Schuchertella</i> sp., <i>Chonetes</i> sp. e. g. <i>plebeia</i> , <i>Chonetes</i> sp. e. g. <i>tenuicostata</i> .	2133
5	2 m	44	Dalle de calcaire lumachellique un peu silteux à patine bleu roux, à <i>Pleurodictyum</i> sp. e. g. <i>selcanum</i> ?, <i>Acrospirifer</i> sp. e. g. <i>rousseauï</i> , <i>Costispirifer</i> sp. e. g. <i>trigéri</i> , <i>Uncinulus imperator</i> , <i>Camarotoechia</i> sp., à concrétions d'hématite et nodules de phosphate (= dalle de Bir Aïdiat).	2132

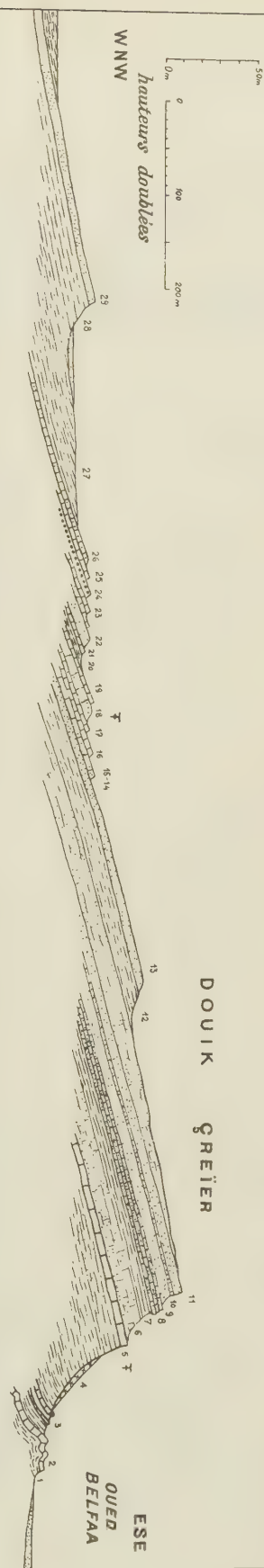
Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₁ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
4	56 m env.	39-43	Talus argileux masqué par les éboulis, passant vers le sommet à des faciès plus silteux : argile indurée (argilite) pélitique gris violacé (la lumachelle à Orthocères et le niveau ferrugineux n'ont pas été observés).	2131
3	8 m	38	Interstratifiés dans les schistes, deux bancs calcaires (le plus élevé étant le plus puissant) d'encrinite grise, à patine bleu ciel, à odeur fétide, à petits Brachiopodes (<i>Athyris</i> sp.) et à <i>Uncinulus oehlerti</i> .	
2	1 m	35	Dalle « bleu ciel d'Iouineght » de calcaire lumachellique cristallin gris à entroques, à rares concrétions d'hématite, à abondants débris de Brachiopodes, à Bryozoaires et Ostracodes, à <i>Uncinulus oehlerti</i> , <i>Schuchertella</i> sp. et <i>Athyris</i> sp. Ici la dalle est fortement plissotée.	2130 2129
1	8 m	34	Siltstones micacés gris vert à traces de Vers.	

La coupe de Douik Çreier peut se schématiser dans le tableau suivant :

Niv.	Puiss. approx.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₁ : Description des niveaux
27			Argiles et siltstones probables.
24-26	6 m	61-63	Conglomérat phosphaté et calcaire bleu à Orthocères et Ostracodes.
14-23	30 m	52-59	Alternance de bancs de lumachelles, d'argiles et de grès, dont le niveau 17-18 de calcaire lumachellique gréseux à Brachiopodes de grande taille (<i>Acrospirifer fallax</i>).
9-13	32 m	47-51	Grès variés assez fins dont des grès noirs à empreintes de <i>Chonetes</i> sp. e. g. <i>tenuicostata</i> , et pélites micacées argileuses.
5-8	28 m	44-46	Siltstones calcaires fossilifères débutant par la grande dalle rousse à <i>Spirifer</i> sp. e. g. <i>trigeri</i> et <i>Spirifer</i> sp. e. g. <i>rousseau</i> .
1-4	73 m	34-43	Argiles plus ou moins silteuses et, visibles seulement vers la base, grandes dalles lumachelliques à <i>Uncinulus oehlerti</i> .
	35 m ?		Portion masquée, probablement à dominance argileuse.
a	1 m	25 ?	Siltstone gris, présentant des phénomènes de « slumping ».
1-26	169 m	34-63	
a-26	205 m ?	23-63	

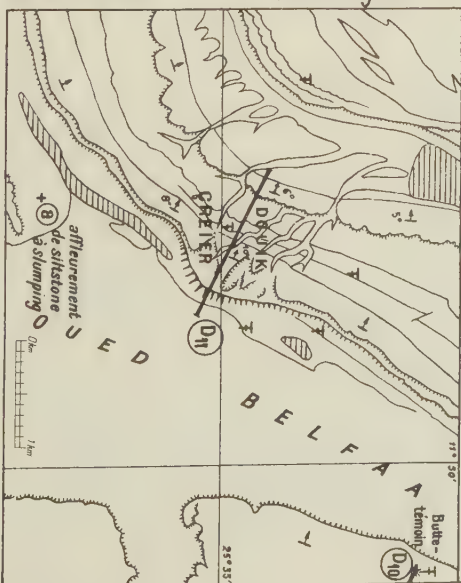
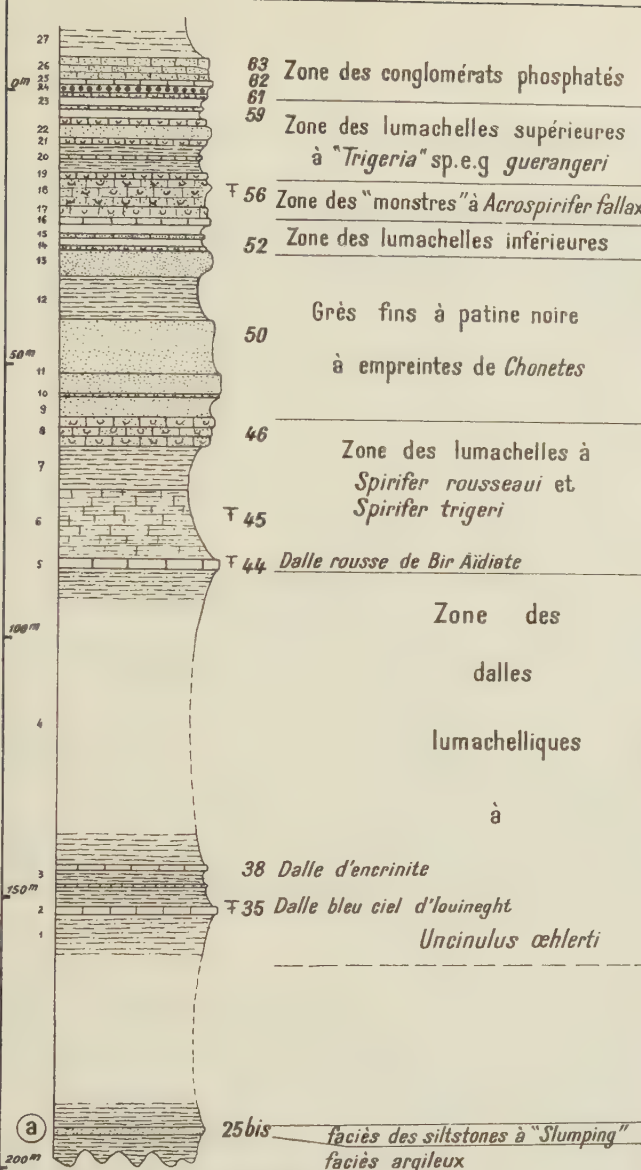
Cette coupe présente encore de nombreux niveaux repères en commun avec les précédentes. Toutefois on remarque des variations notables, dont la principale est la disparition des grès azoïques situés entre les lumachelles supérieures et le conglomérat phosphaté. La dalle calcaire à Orthocères et le niveau ferrugineux n'ont pas été observés, mais ils peuvent exister et être masqués par les éboulis du grand talus de la falaise. Les épaisseurs, notamment de la partie gréseuse située au-dessus de la dalle calcaire à *Spirifer trigeri* (44 de la coupe synthétique), semblent en légère diminution.

Coupe D_{II} : Coupe du Dévonien inférieur de Douik Gréier



EMSIEN? S I E G E N I E N GEDINNIEN? ZONE DE PASSAGE

Les puissances de la coupe et du log sont approximatives



Croquis de position

FIGURE 57

4° Coupe de Bir Aïdiate (Coupe B₄)

Cette coupe est la plus au SW des quatre coupes étudiées. Elle est située (voir le croquis de position de la fig. 58) à près de 2 km au Nord de Bir Aïdiate, et à 20 km au SW de la coupe de Douik Çreier. La section est compliquée par la présence de plusieurs failles qui font réapparaître certains niveaux. Comme à Douik Çreier, les dalles calcaires de la base de la falaise sont plissotées, rendant difficile l'appréciation des pendages.

Le Gedinnien fossilifère n'a pas été observé; s'il existe, il est masqué par les terrasses de l'Oued Aïdiate.

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₄ : Description des niveaux	Ech.
38			Talus masqué de siltstones probables.	
37	0,40 m	66	Petit banc de calcaire dolomitique jaunâtre à entroques (encrinite) et à abondants débris de Bryozoaires, Brachiopodes, Trilobites et Ostracodes, et à <i>Spirifer</i> sp.	2016
36	13 m	65	Argiles silteuses un peu micacées, indurées, verdâtres, azoïques.	
35	6 m	64	Siltstone calcaire magnésien micacé, poecilithique, brun clair, avec des lits plus hématitiques.	21758
34	0,15 m	61	Conglomérat calcaire gréseux à Ostracodes, à débris de Crinoïdes, Trilobites, Brachiopodes, à galets noirs de phosphate pélitique, de phosphate gréseux et de grès phosphaté calcaire, et à oolithes de chamosite.	2015 21757
33	0,30 m	58-60	Grès calcaire à patine brune, à gros <i>Spirifer</i> et traces de Vers.	
32	6 m		Talus couvert.	
31	5 m	57	Deux bancs de lumachelles jaunes à Brachiopodes, à <i>Spirifer</i> sp., « <i>Trigéria</i> » sp. e. g. <i>guerangeri</i> , etc.	2024 cf. 2026 <i>ter</i>
30	3 m	56	Calcaire finement gréseux lumachelique jaunâtre, à très gros Brachiopodes (zone des Monstres), dont <i>Acrospirifer fallax</i> , <i>Straelenia papilio</i> var. <i>zemmourensis</i> , <i>Camarotoechia</i> sp., <i>Meganteris</i> sp. e. g. <i>archiaci</i> , « <i>Trigéria</i> » sp. e. g. <i>guerangeri</i> , <i>Schuchertella</i> cf. <i>umbracula</i> , <i>Schizophoria provulvaria</i> , etc.	21756 2013 cf. 2026
29	3 m		Talus de grès tendres probables.	
28	1 m	55	Dalle de calcaire gréseux lumachelique violacé, à nodules phosphatés, à concrétions d'hématite, à débris de gros <i>Spirifer</i> .	cf. 2026 <i>bis</i>
27		54	Petit banc de calcaire gréseux très lumachelique à <i>Schuchertella</i> , <i>Spirifer</i> et <i>Orthis</i> .	
26	4 m	53	Grès-quartzite très fin chloriteux, gris foncé (provenant d'un grès calcaire à oolithes de chamosite quartzifié, à ripplemarks en damier, à rares <i>Spirifers</i> .	2012 21755
25	4 m	52	Lumachelle à Brachiopodes variés.	
24			Lumachelle à <i>Schuchertella</i> : calcaire magnésien lumachelique fortement gréseux, poecilithique, brun verdâtre, à oolithes de chamosite, à micronodules de phosphate, à très abondants débris de <i>Schuchertella</i> .	21754

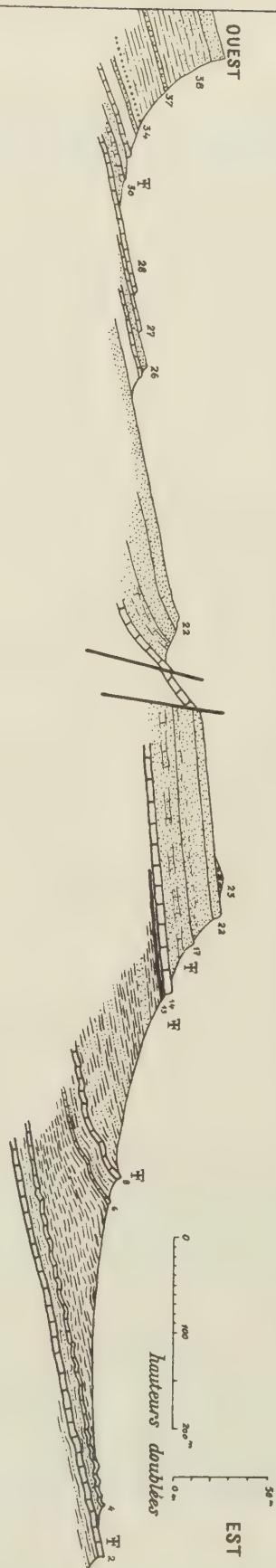
Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₄ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
23		51	Combe probablement argilo-gréseuse (même niveau stratigraphique qu'au sommet de la falaise).	
			La coupe est interrompue par une faille qui répète les niveaux 13 à 23 en effondrant le compartiment oriental.	
23	4 m	51	Argiles brun vert, à passées de siltstones en plaquettes vert clair à pistes de Vers.	
22	4 m	50	Grès fins se débitant en fines plaquettes, à stratification entrecroisée, à pistes de Vers, gris clair, à rares empreintes de <i>Spirifer</i> , formant corniche.	2011
21	8 m	49	Grès fins, verdâtres, tendres, argileux à la base.	
20	0,30 m	48	Petit banc de dolomie calcaire ferrugineuse, un peu grésosilteuse, mésocristalline, jaune ocre, à nodules phosphatés noirs (provenant de l'ankéritisation d'un calcaire lumachellique grésosilteux à abondantes oolithes de chamosite et à débris de Brachiopodes, Crinoïdes et Polypiers).	21753
19	4 m	47	Siltstone un peu gréseux, argileux, légèrement micacé, gris verdâtre, à rares empreintes de <i>Spirifer</i> et de <i>Tentaculites</i> .	21752
18	2 m		Grès azoïque vert clair à patine grise.	
17	3 m	46	Dolomie calcaire grésosilteuse légèrement phosphatée, lumachellique, brun jaune, à Polypiers et à <i>Athyris</i> sp., <i>Rhipidomella</i> sp., <i>Costispirifer</i> sp. e. g. <i>trigeri</i> , <i>Meganteris archiaci</i> .	21751 2010 2009
16	6 m	45	Siltstone argilo-calcaire très riche en Brachiopodes, dont <i>Acrospirifer</i> sp. e. g. <i>rousseaui</i> , <i>Athyris undata</i> et <i>Rhipidomella</i> sp.	
15	4 m		Grès fin tendre, micacé, en fines plaquettes, et argiles silteuses micacées, indurées, brun verdâtre, azoïques.	21750
14	2 m	44	Grande « dalle rousse de Bir Aïdiate », de calcaire lumachellique légèrement silteux brun violacé, à abondantes concrétions d'hématite, à débris de fossiles roulés et à <i>Asteropyge</i> sp., <i>Acrospirifer</i> sp. e. g. <i>rousseaui</i> , <i>Costispirifer trigeri</i> , <i>Uncinulus imperator</i> , <i>Athyris undata</i> , <i>Athyris</i> sp., <i>Stropheodonta</i> sp.	2007 2007 bis 21748
13	0,30 m	42	Niveau de minerai de fer silto-gréseux, brun, à oolithes de chamosite et à ciment ferrugineux (31,1 % de fer métal), pisolithique par endroits, situé ici directement sous la dalle rousse de Bir Aïdiate.	21747 2006
12	12 m	41	Argiles vertes un peu salées (= argile du fond du puits Bir Aïdiate).	
11	6 m		Siltstone tendre à traces de Vers.	
10	10 m		Argile gris vert, devenant bleutée en surface.	21746
9	24 m		Talus masqué montrant, grâce à des terriers, des siltstones vert clair.	
8	1 m	40	Dalle de calcaire cristallin gris bleu à <i>Orthocères</i> et à débris de Crinoïdes, de Brachiopodes articulés, et de quelques Lingulidés, à <i>Uncinulus oehlerti</i> , <i>Orthis</i> sp., <i>Schizophoria</i> sp., <i>Stropheodonta</i> sp. La roche comporte quelques concrétions ferrugineuses.	21745 2005

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₄ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
7	5 m env.	39	Siltstone tendre, vert clair en surface.	
6	0,05 m		Petit banc de calcaire en plaquettes.	
5	22 m		Talus vraisemblablement à dominance argileuse, sans affleurements.	
4	1 m	38	Grande dalle (de même faciès que le niveau 2, mais d'un bleu plus clair) de calcaire cristallin gris bleu à entroques très abondants, à Brachiopodes, Orthocères rares et Ostracodes; très riche en petits Brachiopodes dans la partie supérieure, à <i>Uncinulus oehlerti</i> , <i>Athyris</i> sp. et <i>Stropheodonta</i> sp.	2004
3	9 m	37	Siltstone grossier, micacé, calcaire et chloriteux, à patine noire, finement lité, se débitant en fines plaquettes.	21744
2	1,50 m	35	Dalle de calcaire lumachellique à entroques, brun rougeâtre, à patine bleuâtre, à débris de Bryozoaires et de Brachiopodes, à <i>Uncinulus oehlerti</i> , <i>Camarotoechia</i> cf. <i>nympha</i> , <i>Dielasma</i> sp., <i>Athyris</i> sp. et <i>Stropheodonta</i> sp. (dalle d'Iouineght).	21742 2003
1	5 m visibles	33	Argiles silteuses jaune verdâtre, salées.	21743

La coupe du Dévonien inférieur de Bir Aïdiate peut se résumer dans le tableau qui suit :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₄ : Description des niveaux
37	0,40 m	66	Petit banc de calcaire jaune à <i>Spirifer</i> sp.
34-36	19 m	61-65	Argiles et siltstones débutant par un niveau de conglomérat phosphaté.
24-33	26 m	52-60	Alternance de bancs de lumachelles plus ou moins gréseuses et de grès fin, dont la lumachelle à <i>Acrospirifer fallax</i> .
18-23	22,3 m	47-51	Grès fins variés, dont des grès à empreintes de <i>Spirifer</i> à patine noire, et quelques niveaux argileux.
14-17	15 m	44-46	Siltstones et dolomie calcaire gréso-silteuses, avec à la base une grande dalle lumachellique, dite de Bir Aïdiate, à <i>Acrospirifer</i> sp. e. g. <i>rousseaui</i> , <i>Costispirifer trigeri</i> , <i>Uncinulus imperator</i> et <i>Athyris undata</i> .
2-13	92 m	35-42	Argiles et siltstones contenant plusieurs dalles calcaires et au sommet un niveau ferrugineux oolithique.
1	5 m visibles	33	Argiles silteuses sous la dalle dite d'Iouineght.
1-37	180 m	33-66	
2-33	156 m	35-60	

Coupe B₄ : Coupe du Dévonien inférieur au Nord de Bir Aidiate



COUVINIEN EMSIEN? S I E G E N I E N

Épaisseur d'après les logs du B.R.P.

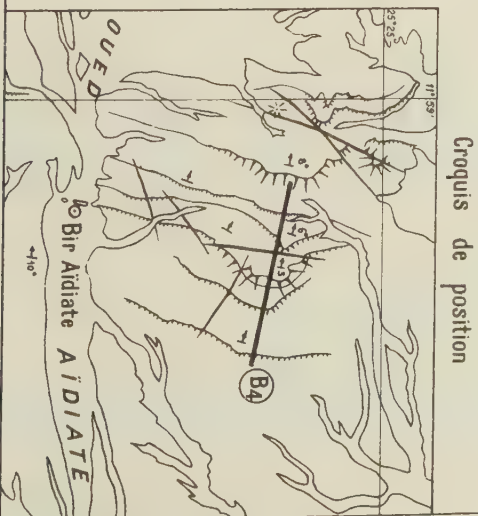
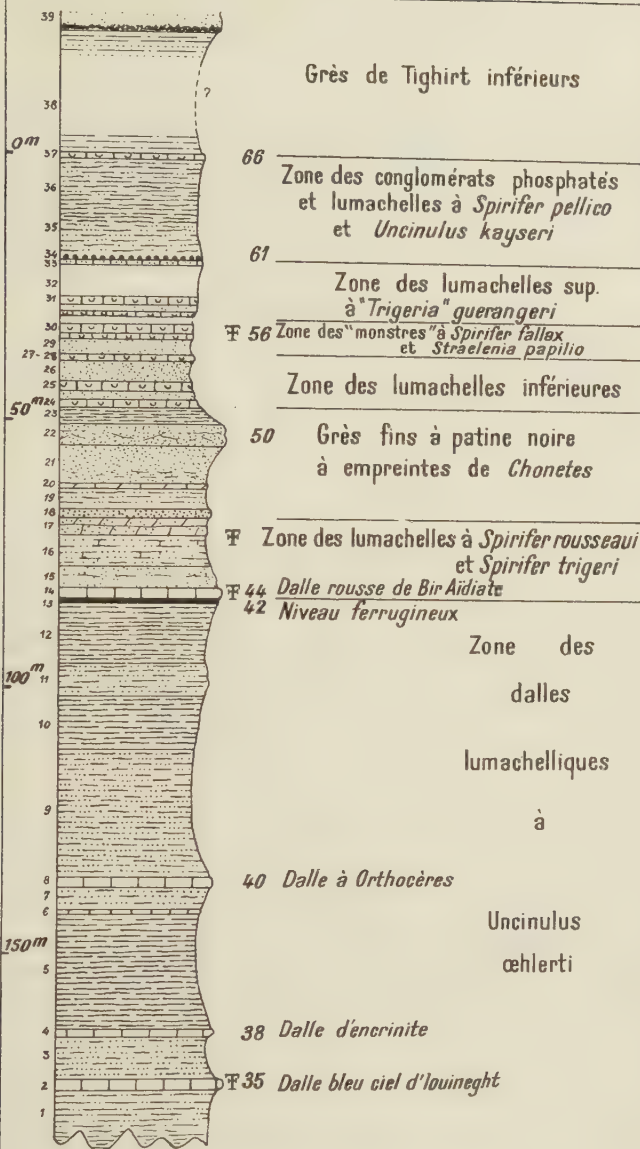


FIGURE 58

Dans cette coupe la plus méridionale, le Dévonien inférieur reste analogue. En particulier les dalles calcaires de Tighirt se retrouvent toutes ici, même celles qui n'ont pas été observées à Douik Çreïer. On retrouve également le niveau ferrugineux oolithique (42 de la coupe synthétique), mais ici juste sous la dalle de Bir Aïdiate. La partie argileuse, au-dessous de cette dalle (44), est plus épaisse qu'à Douik. Par contre la puissance de la stampe grésocalcaire comprise entre la dalle de Bir Aïdiate (44) et le conglomérat phosphaté, est nettement plus mince : 62 m pour 88 m à Douik.

De la première dalle calcaire (dite d'Iouineght) (35) à ce conglomérat phosphaté (61), la puissance est de 156 m, pour 155 m à Douik Çreïer, 185 m à Tighirt et 210 m à Khang Lejouad.

5° Coupes et observations complémentaires

Des observations complémentaires ont été faites en divers points :

a) Dalle calcaire lumachelique à *Spirifer pellico-paradoxus* (66 de la coupe synthétique)

Au Sud de Bir Aïdiate se développe un niveau de lumachelle calcaire dont le seul témoin plus au Nord semble être le niveau 37 de la coupe de Bir Aïdiate, niveau très mince de calcaire jaune à *Spirifer* sp.

Cette lumachelle, qui peut avoir 2 m de puissance, contient une belle faune à *Spirifer pellico-paradoxus*, *Paraspirifer* sp. e.g. *auriculatus* et *Uncinulus kayseri*. Cette dalle a un grand intérêt puisqu'elle est la seule jusqu'ici à avoir livré une faune emsienne. Elle affleure tout le long du flanc oriental redressé du grand synclinal des Oudeï Askaf et, plus au Nord, jusqu'à l'Oued Bir Aïdiate. Dans la coupe synthétique, ce niveau caractéristique porte le numéro 66.

b) Dalle d'Iouineght et dalle de Bir Aïdiate

Ces deux dalles (niveaux 35 et 44 de la coupe synthétique) sont des repères presque continus du Nord au Sud de la région étudiée. De plus, leur dureté relative par rapport aux roches argileuses ou silteuses qui les entourent, fait qu'elles ont une grande influence sur la topographie en déterminant deux krebs très nets. C'est pourquoi ces deux dalles méritaient une dénomination locale particulière.

La dalle 35 a été nommée *dalle bleu ciel d'Iouineght*. En effet cette dalle possède généralement une patine bleu clair et elle affleure à Aguelte Iouineght, point d'eau situé dans l'Oued Iouineght à l'endroit où celui-ci traverse la barre rocheuse formée par ces calcaires (éch. 378-379-380). Cette dalle ne contient pratiquement pas de *Spirifers*.

La dalle 44 a été nommée *dalle rousse de Bir Aïdiate*. De couleur variée à la patine (violacée, mauve, bleu clair), cette dalle a une couleur rousse vue de loin. A Bir Aïdiate, c'est elle qui barre l'oued juste en amont du puits. Elle est très riche en *Spirifers*.

A noter que ces deux dalles, notamment celle d'Iouineght, ont été largement utilisées par les hommes de la période néolithique comme support de leurs gravures rupestres, spécialement celles du type martelé.

c) Le Dévonien inférieur sur l'axe Smara-El Rgheoua

J'ai pu, en mars 1959, faire une coupe rapide du Dévonien inférieur en territoire espagnol, à une dizaine de kilomètres au Sud de la piste Smara-Tfareti (la coupe le long de la piste même étant masquée par des couvertures quaternaires). Cette coupe montre une section de Dévonien inférieur toujours assez analogue (fig. 59). On retrouve en particulier la dalle d'Iouineght en bordure occidentale de l'Oued Tadaieght, et la dalle de Bir Aïdiate à *Spirifer trigeri* à l'Ouest de l'Oued Gneidiz. Entre ces deux dalles-repères qui forment des « krebs » importants dans la série argileuse, on retrouve trois autres dalles principales. Là comme en zone mauritanienne, on rencontre les grès et siltstones à *Spirifer rousseaui*, les grès à patine noire à *Pleurodictyum*, *Chonetes* et *Tentaculites*, et les lumachelles à *Spirifer fallax*.

Il semble que la séquence soit ici plus puissante que plus au Sud en zone mauritanienne. La partie allant de la dalle d'Iouineght (niveau 35) aux lumachelles à *Spirifer fallax* (56) s'étend sur environ 13 km en région assez plate. Pour un pendage de 1°, la séquence aurait $13 \times 16 = 208$ m pour 70 m seulement à Khang Lejouad. Or des pendages de 2 à 3° ne sont pas rares. Mais aucune mesure précise n'a pu être faite lors de cette trop rapide tournée.

Entre les calcaires à *Scyphocrinus* du Ludlow et la dalle d'Iouineght, l'Oued Tadaieght s'étale sur 5 km, ce qui peut laisser la place à des formations gedinniennes non visibles; ceci ne semble pas en accord avec les observations dont fait état, plus au Sud, M. ALIA MEDINA, qui écrit (1949a, p. 63) que le Coblencien

fossilifère de la Dala et du Gor Aseraut repose directement sur « le niveau de calcaires bleus, identiques par leur aspect lithologique à ceux également bleus à Orthocères, très proches, qui correspondent au Gotlandien ». Peut-être les calcaires bleus dont parle cet auteur correspondent-ils à la dalle d'Iouineght, plutôt qu'aux calcaires à Orthocères du Gotlandien.

Coupe du Dévonien inférieur suivant l'axe Smara-El Rgheoua, au Sud de la piste Smara-Tfareti

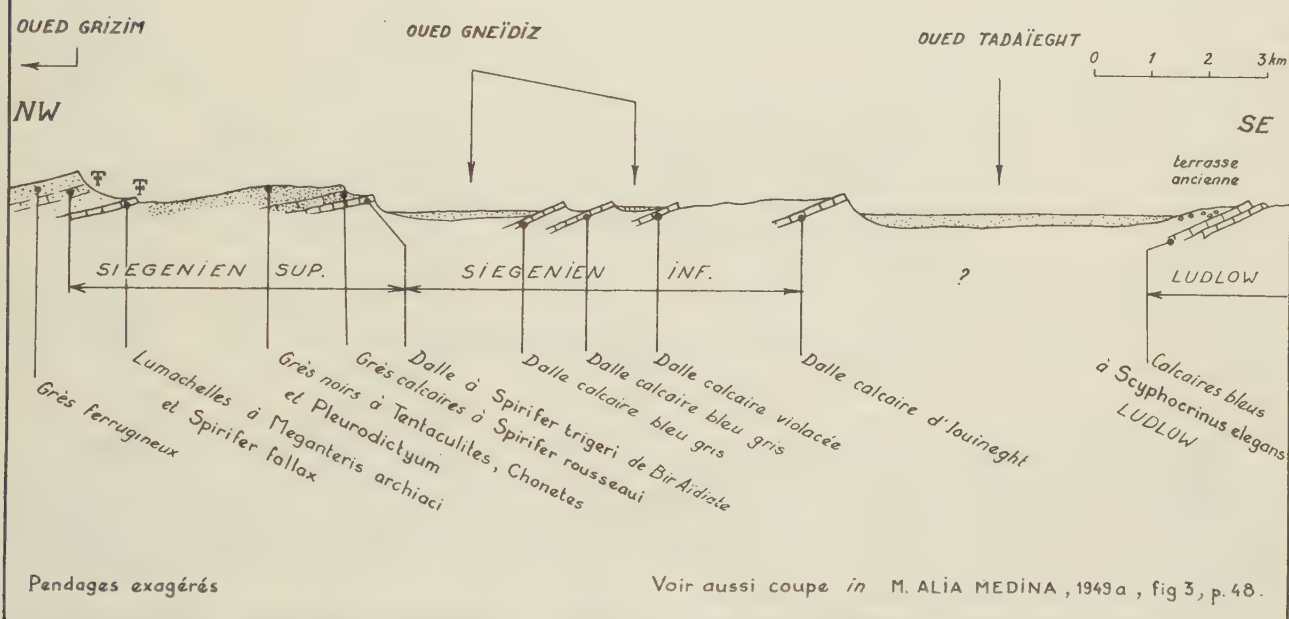


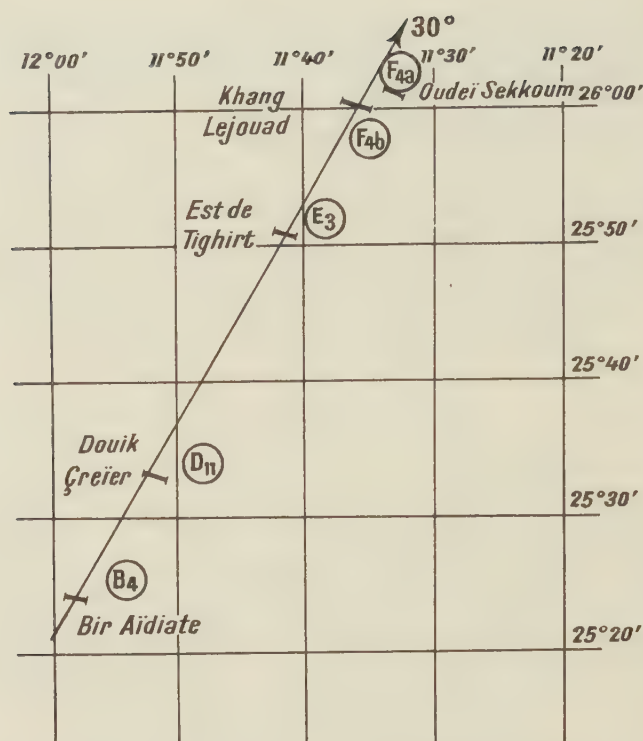
FIGURE 59

d) Le Dévonien inférieur de la zone plissée

Entre les zones tectoniques de Douik el Akhdhar et de Dhlou, il existe une région où les plissements font réapparaître largement le Dévonien inférieur. L'étude de cette région n'a pas encore été faite, toutefois il semble que l'on puisse dire que les niveaux calcaires (dalles calcaires, dont celle d'Iouineght) y deviennent plus nombreux et plus puissants. Certaines dalles y atteignent communément une puissance de 4 à 6 m. Les fossiles sont plus rares dans ces calcaires. Tous ces critères indiquent une plus forte subsidence et un caractère moins littoral des dépôts (région de Douik el Abiodh).

B. — ESSAI DE SYNTHÈSE : CORRÉLATION DES COUPES ÉTUDIÉES

La fig. 60 montre que les quatre coupes étudiées sont situées sur un axe d'orientation NNE-SSW (30° Est). La fig. 61 regroupe ces quatre coupes en respectant leurs distances relatives.



Position des coupes du Dévonien inférieur

FIGURE 60

La base du Dévonien inférieur est mal connue au Sud. Aussi les corrélations ne sont guère valables qu'à partir de la première grande dalle calcaire, la dalle d'Iouineght (niveau 35). Vers le sommet, la limite avec le Couvinien n'est pas très précise et sera discutée après étude de cet étage. Les corrélations et la comparaison des épaisseurs seront donc surtout faites dans l'intervalle 35-61 de la coupe synthétique, c'est-à-dire entre la dalle d'Iouineght et le niveau de conglomérat phosphaté associé à un calcaire à Orthocères.

Certains niveaux sont de bons repères d'un bout à l'autre du secteur. Ce sont de haut en bas :

- le niveau de conglomérat phosphaté associé à un calcaire à Orthocères (61-62);
- la zone des Monstres à *Spirifer fallax* (56);
- les grès fins à patine noire, à *Pleurodictyum* et *Chonetes* (50);
- la dalle calcaire à *Spirifer trigeri* dite « dalle rousse de Bir Aïdiate » (44);
- le niveau ferrugineux oolithique (42);
- la dalle à Orthocères (40);
- les dalles d'encrinite (38);
- la dalle d'Iouineght à *Uncinulus oehlerti* (35).

La dalle de Bir Aïdiate à *Spirifer trigeri* (niveau 44) représente la limite entre une partie inférieure à dominance argileuse et une partie supérieure à dominance gréseuse. C'est elle qui a servi de référence dans les corrélations.

La partie schisteuse inférieure affleure souvent mal; de plus, dans le Sud, les dalles calcaires sont souvent affectées de microplissements qui rendent difficile l'appréciation des pendages. Il semble que cette série argileuse, plus mince à Tighirt (60 m) et à Douik (66 m), s'épaississe vers le Sud à Bir Aïdiate (92 m) et surtout vers le Nord en direction du bassin de Tindouf (108 m). La partie supérieure à dominance gréseuse augmente du Sud vers le Nord, passant de 62 m à Bir Aïdiate à 101 m à Khang Lejouad.

Essai de corrélation des coupes de Dévonien inférieur le long de la bordure orientale du Zemmour

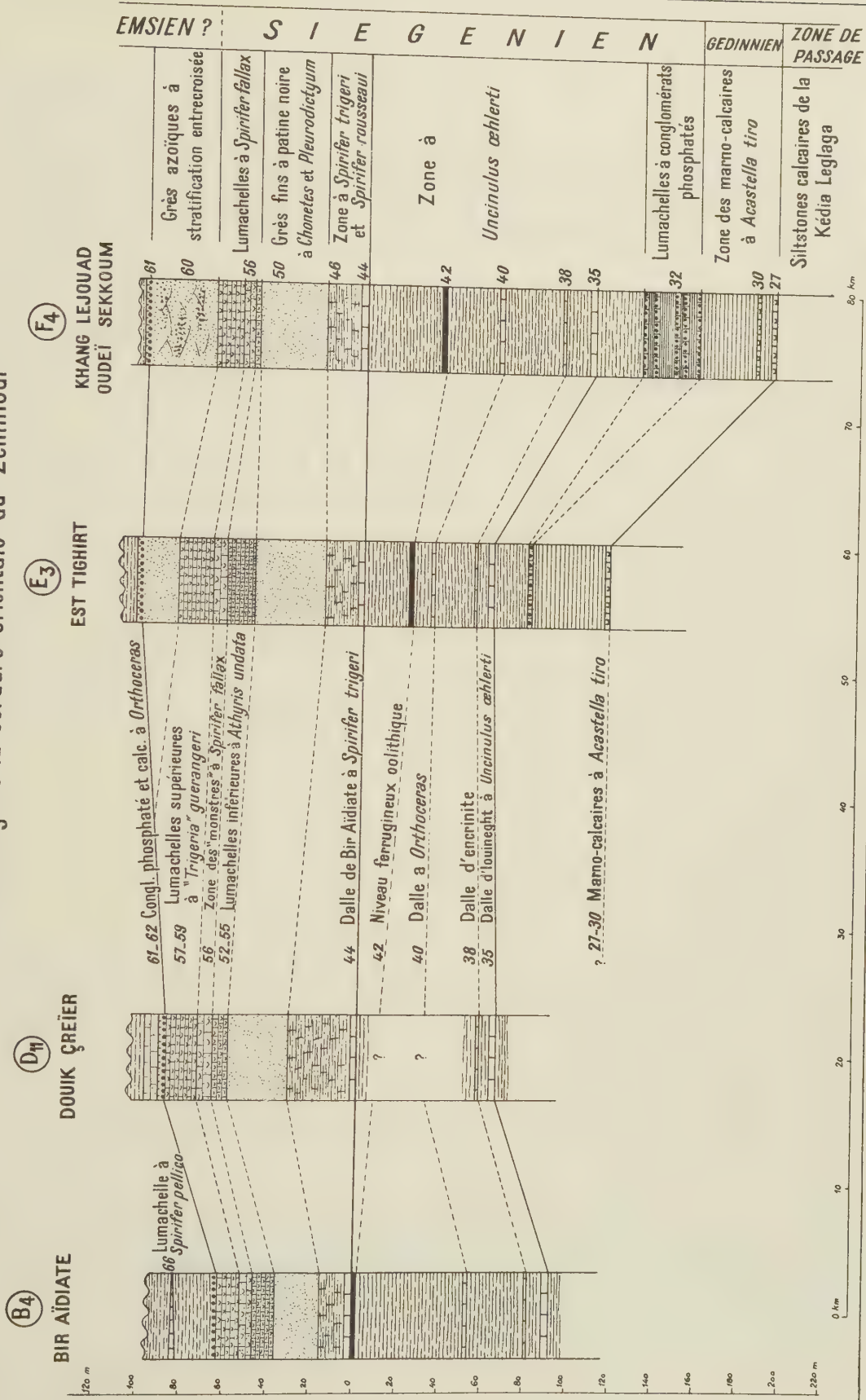


FIGURE 61

A ces variations d'ensemble de la formation, s'ajoutent des variations particulières à certains niveaux :

1° Si le niveau oolithique ferrugineux (42) est bien le même dans toutes les coupes, il est, à Aïdiat, placé juste au contact de la dalle rousse (44), tandis que vers le Nord, il en est séparé par des argiles et des siltstones (43) qui s'épaississent vers le Nord (37 m à Khang Lejouad).

2° Le faciès fossilifère marno-calcaire à *Acastella tiro* du Gedinnien diminue d'épaisseur vers le Sud, et n'est déjà plus représenté à Tighirt que par quelques centimètres de calcaire gréseux à *Acastella*.

3° De même, les lumachelles à nodules phosphatés (32) (28 m aux Oudeï Sekkoum) sont très réduites dès la latitude de Tighirt, à 20 km plus au Sud.

4° Le niveau de grès comprenant les grès à patine noire à empreintes de *Pleurodictyum* et *Chonetes* (50) est très régulier et semble s'épaissir un peu vers le Nord.

5° Par contre les lumachelles, parmi lesquelles le niveau à *Spirifer fallax* (zone des Monstres, 56) sont moins bien développées à Khang Lejouad. On les retrouve cependant encore beaucoup plus au Nord, au SE de Smara, entre les Oueds Grizim et Gneïdiz.

6° A partir de Tighirt, se développent vers le Nord des grès, encore bien stratifiés à Tighirt, mais devenant plus grossiers et à stratification entrecroisée à Khang Lejouad. Les grès de l'Oued Grizim, sur l'itinéraire Smara-El Rgheoua, assez grossiers, à grandes stratifications entrecroisées, pourraient en être un équivalent au Nord (?).

7° Enfin à partir de Bir Aïdiat, se développe vers le Sud, à une dizaine de mètres au-dessus du conglomérat phosphaté (61), une très belle dalle lumachellique à *Spirifer pellico* et *Sp. auriculatus*, seule faune qui, dans la série, caractérise nettement l'Emsien.

On voit donc que, si dans l'ensemble le Dévonien inférieur présente des caractères très constants, comme la continuité de certaines grandes dalles, il y a dans le détail des variations dont il faut tenir compte pour l'établissement de la coupe synthétique. Ceci m'a conduit à faire un certain nombre de subdivisions qui ne se retrouvent pas partout. On a distingué au total les niveaux suivants, dont les plus caractéristiques sont marqués d'un astérisque :

- * 66 Calcaire lumachellique à *Spirifer pellico*.
- 65 Argiles micacées.
- 64 Siltstones micacés.
- 63 Grès calcaire poecilithique.
- * 62 Calcaire cristallin à entroques, à Gastéropodes, Orthocères et Ostracodes.
- * 61 Conglomérat à galets phosphatés.
- 60 Grès variés à pistes de Vers.
- 59 Lumachelles (une à cinq).
- 58 Grès, siltstones et argiles, interstratifiés avec 57.
- 57 Lumachelles (deux à trois).
- * 56 Calcaire gréseux lumachellique à *Spirifer fallax* et *Straelenia papilio* (zone des Monstres).
- 55 Dalle lumachellique gréso-calcaire à concrétions d'hématite.
- 54 Grès calcaire à Brachiopodes.
- 53 Grès-quartzite à *Spirifer* sp.
- 52 Lumachelles gréseuses (deux).
- 51 Grès et argiles.
- * 50 Grès fins chloriteux à patine noire, à empreintes de *Pleurodictyum* et *Chonetes*.
- 49 Grès et argiles.
- 48 Lumachelle ferrugineuse.
- 47 Siltstones argileux et grès à ripplemarks.
- * 46 Calcaire gréseux lumachellique à *Athyris undata*, *Spirifer rousseaui* et *Sp. trigeri*.
- * 45 Siltstones argilo-calcaires micacés verts, à *Spirifer rousseaui*, *Sp. trigeri* et *Sp. bischofi*.
- * 44 Grande dalle rousse de Bir Aïdiat à *Spirifer trigeri* et *Uncinulus imperator*.
- 43 Argiles à Ostracodes et Eoptéropodes.
- * 42 Niveau ferrugineux à oolithes de chamosite.
- 41 Argiles à Eoptéropodes, siltstones et grès.

- * **40** Dalle de calcaire lumachelique à Orthocères.
- 39^{bis}** Dalle calcaire lumachelique interstratifiée avec **39**.
- 39** Argiles à Eoptéropodes.
- * **38** Dalle calcaire à entroques, à petits Brachiopodes.
- 37** Siltstones et grès fins.
- 36** Argiles.
- * **35** Grande dalle lumachelique bleu ciel d'Iouineght, à Bryozoaires.
- 34** Siltstones calcaires et dalle lumachelique.
- 33** Argiles et siltstones.
- * **32** Lumachelles de Brachiopodes, à nodules phosphatés.

Il est bien évident que certains de ces niveaux ne se trouvent pas dans toutes les coupes. C'est le cas par exemple du niveau **60** qui n'affleure qu'au Nord, ou du niveau **66** qui, au contraire, n'affleure qu'au Sud, aux environs des Oudeï Askaf.

CHAPITRE II

ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

L'étude pétrographique de la zone de passage et du Gedinnien, que nous avons vue plus haut, fournit une bonne transition entre l'étude des faciès gotlandiens et celle des faciès du Dévonien inférieur. Les formations du Dévonien inférieur sont caractérisées par une grande variété de faciès qui alternent rapidement les uns avec les autres, et qui ne sont pas toujours faciles à suivre latéralement. Nous avons vu que la dalle rousse de Bir Aïdiate (44) divise ce Dévonien inférieur en deux grandes parties, l'inférieure à dominance argilo-calcaire et la supérieure à dominance grésocalcaire. Nous retrouverons cette coupure au cours de l'étude pétrographique.

Toutes les observations de détail faites sur les échantillons du Dévonien inférieur sont condensées dans les tableaux stratigraphiques V à IX. Nous verrons d'abord la liste des principales roches rencontrées, puis l'étude pétrographique des différentes catégories de roches, enfin les caractères généraux de l'ensemble de la formation et de ses niveaux les plus caractéristiques.

A. — LISTE DES ROCHES

En dehors du Gedinnien daté (27-30) déjà étudié, le Dévonien inférieur comporte principalement les roches suivantes :

- argiles, argiles pélitiques, argiles silteuses (à Ostracodes et à Eoptéropodes);
- siltstones argileux micacés, siltstones chloriteux;
- siltstones calcaires;
- grès fins, grès-quartzites fins;
- grauwackes;
- grès (siltstones) calcaires lumachelliques (parfois à oolithes de chlorite de fer);
- calcaires lumachelliques gréseux (silteux);
- calcaires lumachelliques;
- minerais de fer oolithiques;
- grès calcaires et calcaires gréseux, à nodules phosphatés;

Enfin, signalons que l'on rencontre aussi des roches transformées ultérieurement, par dolomitisation (dolomies, grès dolomitiques) ou par décalcification et silicification (grauwackes, quartzites).

Dans l'étude qui va suivre, les roches sont donc en partie classées en fonction de leur granu-

lométrie. L'évolution de cette dernière au cours de la formation ne pourra donc être traitée qu'ensuite, avec les caractères généraux du Dévonien inférieur.

B. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE DES PRINCIPAUX FACIÈS

1° Les schistes argileux (argiles, argiles silteuses et siltstones argileux)

Ces faciès tendres n'affleurent que rarement; mais, malgré leur caractère banal, ils jouent un grand rôle puisqu'ils constituent 50 à 75 % du Dévonien inférieur et notamment la grande majorité des roches situées au-dessous de la dalle de Bir Aïdiate (44).

Les argiles vraies (argilites *sensu* G. MILLOT, 1949) sont rares, car on a affaire à des roches compactées et qui contiennent le plus souvent des clastiques de 15 à 20 μ de moyenne. Il s'agit donc de « schistes » (shales) comprenant tout un éventail de roches voisines les unes des autres, qu'on peut classer des plus fines aux plus grossières :

clastiques fins et peu abondants	{	— argile schisteuse (niveau 43);
		— argile à lits silteux (39);
		— argile légèrement silteuse, plus ou moins micacée, à Ostracodes et Eoptéropodes (32, 43);
		— argile pélitique, indurée, plus ou moins schisteuse, azoïque (36), à Ostracodes et Eoptéropodes (41) ou à Encrines (31);
		— argile silteuse, plus ou moins indurée (schiste) (33, 43, 45, 65);
		— argile silteuse micacée (schiste) (45);
quartz moyen de 4 à 20 μ	{	— pélite argileuse un peu micacée à Ostracodes et Eoptéropodes (43).
quartz moyen de 20 à 60 μ	{	— siltstone argileux micacé azoïque (67);
		— siltstone argileux micacé azoïque (67);
		— siltstone un peu gréseux, argileux, plus ou moins micacé, à empreintes (47);
		— siltstone grossier micacé, chloriteux, verdâtre, azoïque (47).

De cette simple liste d'échantillons argileux, il ressort déjà nettement qu'au-dessus du niveau 44 (dalle de Bir Aïdiate), les niveaux argileux deviennent plus grossiers, plus riches en clastiques.

a) Examen macroscopique

Les propriétés de ces schistes argileux varient suivant leur finesse. Pratiquement, tous ont une structure schisteuse, les plus grossiers (siltstones) étant plus mal stratifiés, et présentant des surfaces de délit ondulées avec pistes de Vers. Le grain est très fin, les argiles étant soyeuses au toucher, les argiles silteuses et les siltstones crissant sous la dent.

Tous sont plus ou moins indurés; les argiles les plus fines s'écaillent à l'ongle, ce caractère disparaissant progressivement dans les siltstones. La plupart des échantillons troublent fortement l'eau lorsqu'on les y écrase, mais ceux qui font pâte directement dans l'eau sont l'exception. Quelques-uns des siltstones les plus compactés ne troublent même pas l'eau une fois écrasés.

La couleur de ces schistes argileux est à dominance verdâtre; les argiles peuvent de plus être grises, brunes ou bleutées; mais les siltstones sont presque toujours gris verdâtre. Bien que ces roches soient pour la plupart imperméables, certains siltstones du niveau 47 présentent une certaine porosité (éch. 21752). Sauf dans les plus fins de ces schistes argileux, on observe généralement de petites paillettes de mica blanc, parfois même abondantes (niveaux 32, 45 et 47). Enfin, CIH normal n'a aucun effet sur toutes ces roches qui ne sont pas du tout calcaires.

Il est à noter que la macrofaune est presque toujours absente de ces niveaux, même lorsqu'ils encadrent des lumachelles. Seul, à l'extrême base, le niveau argileux 31, situé juste au-dessus des marno-calcaires à *Acastella tiro*, peut contenir des tiges de Crinoïdes.

b) *Examen microscopique*

Là encore, les caractères varient avec le degré de finesse de la roche :

- structure très finement stratifiée dans les argiles, devenant plus irrégulièrement orientée dans les siltstones argileux;
- texture cryptocristalline et floconneuse pour les argiles les plus fines; et beaucoup plus couramment, texture fine à grains non jointifs, devenant à grains presque jointifs dans certains siltstones;
- petits grains de *quartz*, rares dans les argiles, disséminés dans les argiles silteuses et devenant abondants dans les siltstones; ils sont généralement anguleux, mais peuvent être roulés dans certains siltstones (niveau 47);
- *plagioclases* très rares;
- paillettes, souvent abondantes, déposées à plat, de *muscovite* détritique, accompagnées plus rarement de *chlorite* et de *biotite*;
- minéraux lourds, rares dans les sédiments les plus fins, présents modérément dans les argiles silteuses et les siltstones argileux : *tourmaline* et *zircon*;
- petits grains de *phosphate* dans les niveaux 45, 65 et 67;
- fond dominant (sauf pour les siltstones les plus grossiers) d'*argile* souvent accompagnée de très fines phyllites, de *quartz micro-* ou *cryptocristallin*, plus rarement de *chlorite* et exceptionnellement de *calcite*; ce fond est souvent imprégné d'une pigmentation de *goethite* secondaire;
- dans certains échantillons, Ostracodes et Eoptéropodes, décelables surtout par lavage, mais sédiments le plus souvent azoïques.

c) *Analyse des argiles aux rayons X*

La nature des minéraux argileux de treize de ces schistes est indiquée dans le tableau suivant, qui comporte également les résultats de l'analyse de la phase argileuse d'un siltstone calcaire argileux.

Niv. c. s.	Déterminations	N° éch.	Illite	Chlorite	Kaolinite
65	Argile silteuse.	21759	100	—	—
49	Argile silteuse micacée.	21589	100	tr.	—
47	Siltstone micacé chloriteux.	21587	90	10	—
45	Argile silteuse indurée.	21655	90	10	—
43	Argile un peu silteuse finement micacée.	21653	60	10	30
43	Argile schisteuse.	21582	60	10	30
41	Argile indurée pélitique.	21651	70	20	10
39	Argile à Eoptéropodes.	21649	70	—	30
36	Argile pélitique micacée un peu indurée.	21534	70	30	—
33	Argile silteuse.	21576	80	—	20
32	Argile légèrement silteuse.	21574	70	30	—
31	Argile pélitique schisteuse.	21571	70	30	—
31	Siltstone calcaire argileux.	21531	80	20	—
31	Argile micacée à Eoptéropodes.	21530	80	20	—

TABLEAU n° 22

Nature et proportions des minéraux argileux des schistes du Dévonien inférieur

L'*illite* (au moins 60 %) domine toujours, accompagnée de *chlorite* et de *kaolinite*, dans des proportions ne dépassant jamais 30 %. Ces associations de minéraux argileux sont toutes banales. Elles indiquent une origine purement détritique en provenance d'un continent normal, non latéritisé, qui fournit illite, chlorite et kaolinite. Toutefois, dans le détail, on remarquera une certaine évolution de la composition argileuse au cours de la sédimentation. Au Dévonien inférieur, on peut distinguer trois groupes :

- de 31 à 32 70 % d'*illite* et 30 % de *chlorite*; pas de *kaolinite*;
- de 33 à 43 70 % d'*illite* et 30 % de *chlorite* plus *kaolinite*;
- de 45 à 65 90 à 100 % d'*illite*, 0 à 10 % de *chlorite*; pas de *kaolinite*.

Autrement dit, la phase argileuse de la zone à *Uncinulus oehlerti* se caractérise par la présence d'une quantité notable de kaolinite, et celle du Dévonien inférieur gréseux par un quasi-monopole de l'illite. La kaolinite, quelle que soit son origine, altération d'un continent différent ou néoformation dans la vase en milieu anaérobie, est liée au faciès argiles à dalles calcaires de la zone à *Uncinulus oehlerti*. Les traces d'argiles analysées dans d'autres roches du Dévonien inférieur (voir p. 327) corroborent ces subdivisions. Ainsi, les entités stratigraphiques que l'étude de terrain nous a amené à définir dans le Dévonien inférieur, se trouvent également justifiées par l'étude des argiles.

2° Les siltstones calcaires

Dans ce groupe sont rassemblées des roches qui n'ont guère en commun que la granulométrie moyenne du quartz, comprise entre 20 et 60 μ . Certains de ces siltstones sont seulement des termes plus calcaires que les siltstones azoïques étudiés précédemment; d'autres sont simplement des faciès plus fins que les grès calcaires lumachelliques décrits plus loin. Les premiers sont d'ailleurs associés aux siltstones argileux, les derniers aux bancs lumachelliques. Les siltstones calcaires sont rares du niveau 48 au niveau 60.

a) Examen macroscopique

Ce sont des roches rarement massives, se débitant généralement en plaquettes ou petits parallélépipèdes; elles peuvent être finement stratifiées ou, au contraire, présenter une stratification irrégulière (délit à surfaces courbes). Le grain est fin (silteux), mais peut être perturbé par la présence de tests calcaires. La cassure est variable; généralement irrégulière, grumeleuse, elle peut être cristalline (structure poecilithique) ou semi-spathique (présence d'entroques); elle est généralement verdâtre, ou gris verdâtre, et peut devenir brune ou jaune par altération superficielle. La patine est noire ou brune. La présence de paillettes de muscovite orientées suivant la stratification est très fréquente.

Généralement très faible, la porosité augmente dans les échantillons où la calcite est dissoute (grauwackes fines, au sens ardennais). Très souvent, les plans de sédimentation montrent des traces de Vers. Les niveaux lumachelliques contiennent des Brachiopodes, des débris de Trilobites et Crinoïdes, et des Tentaculites. L'effervescence à ClH normal offre une intensité variable suivant les niveaux, le degré de compaction, la teneur en clastiques. Elle n'est jamais nulle, mais peut être faible, moyenne ou forte.

b) Examen microscopique

- Structure finement litée, et, de plus, lumachellique pour les échantillons fossilifères.
- Texture détritique fine, à grains jointifs ou non jointifs, souvent poecilithique (ciment de calcite largement cristallisé).
- Grains de quartz dominant, anguleux à subanguleux, généralement bien calibrés; de plagioclases peu abondants mais toujours présents.
- Lamelles de muscovite toujours présente, de biotite et plus rarement de chlorite.
- Grains relativement fréquents de tourmaline et zircon, et d'autres minéraux lourds.
- Petits grains de phosphate, parfois associés à des grains de glauconie (certains siltstones du niveau 32 contiennent des nodules de siltstone phosphaté calcaire micacé, comportant les mêmes clastiques que la roche elle-même).
- Débris organiques, nombreux dans les siltstones lumachelliques, absents dans les siltstones azoïques, en calcite monocristalline (Crinoïdes, parfois épigénisés en ankérite), en calcite lamellaire (Brachiopodes, Tentaculites) et en calcite fibreuse (Trilobites, Ostracodes), épigénisée dans certaines grauwackes en quartz secondaire avec mimétisme de quartz détritique.
- Ciment où domine la calcite microcristalline ou largement cristallisée (200 à 1000 μ), avec accessoirement argiles, chlorite et goethite.
- Dans les faciès « grauwackes fines », la calcite n'est plus qu'à l'état de taches résiduelles et est remplacée par du quartz de nourrissage et parfois par de l'ankérite en rhomboèdres automorphes.

c) Analyse de la phase argileuse aux rayons X

Seul un échantillon (21531) du niveau 31, au-dessus de la faune à *Acastella tiro*, a été analysé (tableau n° 22). La composition de la phase argileuse, 80 % d'illite et 20 % de chlorite, est identique à celle des argiles environnantes, et confirme l'absence de kaolinite dans cette partie du Dévonien inférieur (p. 323).

d) Analyses chimiques

La seule analyse effectuée sur cette catégorie de roche concerne un siltstone calcaire (magnésien) micacé poecilithique, situé un peu au-dessous de la dalle à *Spirifer paradoxus-pellico* de l'Emsien (tableau d'analyses chimiques 10, analyse 61). Le calcul donne une teneur en carbonates de 28,6 % et des proportions respectives de calcite/dolomite de 94/6.

3° Les grès, grès-quartzites et grauweekes

Au Dévonien inférieur, les grès sont en grande majorité calcaires (ciment et tests de calcite). Les grès et grès-quartzites sont plus rares, et d'ailleurs une bonne partie d'entre eux sont des grès calcaires décalcifiés (grauweekes de type ardennais). Ces roches se rencontrent sous forme de minces bancs épisodiques vers la base de la zone à *Uncinulus oehlerti*, mais surtout dans les niveaux 49-52 (grès à *Pleurodictyum* et *Chonetes*) et dans le niveau 60, connu seulement au Nord, et dont les caractères sont assez différents (fig. 61).

a) Examen macroscopique

Ce sont tous des grès à grain fin ou très fin, sauf ceux du niveau 60 qui, à Khang Lejouad, deviennent plus grossiers. A part ces derniers, qui présentent de grandes stratifications entrecroisées, ils sont en général finement stratifiés, mais leur grande compacité leur donne un aspect massif à l'échelle de l'échantillon. Ils sont constitués de petits bancs de 1 à 5 cm, se débitant souvent en petits parallélipèdes et parfois en plaquettes irrégulières. C'est ce débit en éléments très petits qui fait que ces grès donnent de bonnes surfaces de roulement pour les pistes automobiles.

La cassure, par exception grenue à Khang Lejouad (niveau 60), est tranchante écailleuse (1) fine; elle présente une couleur grise, verdâtre ou gris verdâtre. La patine, souvent noire ou brune, est rarement claire. Quelques échantillons possèdent une certaine porosité (niveau 37, éch. 21535) et c'est en particulier le cas des grès 60 de Khang Lejouad. Les paillettes de mica blanc sont fréquentes, parfois même abondantes, suivant les plans de stratification. Les échantillons fossilifères montrent des empreintes de fossiles dissous, tapissées d'oxyde de fer rouge. Le ClH normal donne une effervescence très faible ou nulle.

b) Examen microscopique

— Structure finement orientée, soulignée par des lits micacés, et présentant parfois des « cross-beddings » à l'échelle du centimètre.

— Texture le plus souvent détritique fine à grains jointifs, pouvant évoluer dans les grès-quartzites vers une structure microgranulaire en mosaïque, incomplète.

— Les grains de quartz, dont la forme et les dimensions, presque toujours inférieures à 200 μ , seront étudiées par ailleurs, constituent l'élément dominant. Ils sont souvent plus ou moins nourris; grains de plagioclases assez rares, et de microquartzite métamorphique rares.

— Lamelles détritiques de muscovite abondante, de biotite chloritisée et même parfois de chlorite.

— Minéraux lourds, dans l'ordre de fréquence suivant : tourmaline, zircon, ilménite, rutile, épidote.

— Petits grains très épars de phosphate et, exceptionnellement, microgalets de siltstone phosphaté.

— Débris de tests indéterminables, défigurés par la dissolution de la calcite ou la silicification, et débris de spicules siliceux.

— Ciment variable, souvent composite, comportant chlorite, glauconie (?), séricite, argiles, quartz cryptocristallin, goethite et des mouchetures de calcite résiduelle.

Dans le niveau 45 (éch. 21585), on observe des biotites altérées qui semblent se gonfler et passer insensiblement au ciment.

4° Les grès calcaires et les grès calcaires lumachelliques

Les grès calcaires sont exceptionnels au-dessous du niveau 47. Il en existe un petit banc à l'Est de Tighirt, dans le niveau 34, juste sous la dalle bleu ciel d'Iouinegt. Par contre, ils constituent

(1) Au sens de L. CAYeux (1906a, p. 99).

un des faciès les plus courants de la partie supérieure du Dévonien inférieur, notamment dans les grès à *Chonetes* (niveaux 47 et 50) et les lumachelles à *Spirifer fallax* (52 à 59). On en retrouve encore quelques bancs plus haut, dans les niveaux 60 et 63. Ils sont particulièrement développés dans la zone des Monstres (56). Des microphotographies (Pl. XIII, fig. 1; Pl. XV, fig. 2, 4 et 5; Pl. XVI, fig. 1 et 2) donnent une bonne idée du faciès de ces roches.

a) Examen macroscopique

Par suite de l'abondance de tests, ces roches sont plus grossières que les précédentes, et généralement assez mal litées, parfois même massives et sans orientation. Toutefois le grain, si l'on ne tient pas compte des débris organiques, est fin ou très fin. La roche ne se débite plus en plaquettes, mais en petits blocs irréguliers. La cassure peut être grenue, semi-grenue, tranchante écailleuse, mais le plus souvent elle est spathique : ceci est dû à la structure poecilithique, un même cristal de calcite enrobant de nombreux grains de quartz détritique. Enfin dans le niveau 60, la cassure semi-spathique est due à la présence dans le grès de nombreux débris de Crinoïdes.

Ce sont des roches consolidées, surtout lorsqu'elles sont fraîches, sauf dans certains lits du niveau 56. Il est difficile d'apprécier leur véritable couleur qui doit être grise, gris verdâtre ou brune. En affleurement, ce sont des roches verdâtres, brun verdâtre, brun jaune ou brun noir. La patine est brune ou noire, avec souvent une décalcification superficielle. On n'y observe que rarement du mica blanc.

En revanche, les débris de tests, et même les fossiles entiers, sont souvent nombreux et contribuent pour une bonne part à l'édification de la roche. Les Brachiopodes dominent, suivis par les Crinoïdes. Près de la surface, les tests sont fréquemment dissous et la roche devient une grauwaacke au sens ardennais du mot.

Avec CIH normal, l'effervescence est moyenne ou forte, suivant la compacité de la roche et surtout suivant l'importance de la phase détritique minérale. En général cette effervescence est très vive sur les débris organiques et plus modérée sur la gangue grésocalcaire.

b) Examen microscopique

Malgré des variations inévitables d'un niveau à l'autre, les grès calcaires lumachelliques ont entre eux suffisamment de caractères communs pour qu'on puisse en donner une description synthétique.

La structure est généralement massive, « lumachellique », très mal orientée. Parfois l'orientation des tests, le dépôt de grains de quartz dans un tube de Tentaculite (Pl. XIII, fig. 1), le dépôt de matière plus fine sous une coquille (Pl. XV, fig. 1) permettent de déterminer sur plaque mince le sens de sédimentation. La texture est détritique, à éléments minéraux et organiques. C'est le plus souvent une texture détritique à grains presque jointifs, plus rarement à grains entièrement jointifs. Presque toujours, sauf dans certains échantillons de la zone des Monstres, c'est de plus une texture poecilithique dans laquelle les cristaux de calcite peuvent atteindre 10 mm. Dans certains échantillons qui évoluent vers les grauwaackes, on observe un début de nourrissage. Le quartz peut prendre alors des formes automorphes aux dépens de la calcite antérieure (niveau 56, éch. 330).

Le quartz est l'élément détritique dominant; il est souvent bien calibré au voisinage de 100 μ : subanguleux à subarrondi vers la base, il tend à devenir plus usé vers le haut de la formation. Les *plagioclases* sont parfois présents mais toujours en très faible quantité. Dans un échantillon du niveau 47 (éch. 21656), on a observé leur remplacement partiel ou total par de la calcite, une traînée de goethite indiquant le contour primitif du cristal de plagioclase (fig. 62a). Les débris de *chert* sont encore plus rares.

Contrairement aux grès étudiés précédemment, dans ces roches les micas détritiques deviennent plus rares : on rencontre encore parfois quelques paillettes de *muscovite* et, plus rarement, de *biotite* et de *chlorobiotite*. La *tourmaline* et le *zircon* sont toujours présents, en quantité modérée, accompagnés par la *magnétite*, et exceptionnellement dans le niveau 60, par du grenat. On observe de plus des grains roulés de *calcite* et de *phosphate*.

Rares dans le niveau 47, les *oolithes de chamosite* deviennent courantes dans les lumachelles à *Spirifer fallax*, notamment dans les niveaux 55 et 56. Le nucléus est souvent un débris de test ou un grain de quartz ou parfois de phosphate. L'oolithe peut être partiellement ou totalement remplacée par de la calcite (Pl. XVI, fig. 3).

Les débris organiques participent pour une bonne part à l'édification de la roche. Suivant les niveaux, ils sont peu usés (34), déchiquetés (56), finement déchiquetés (53) ou au contraire très roulés (55). La *calcite lamellaire* domine avec les débris de Brachiopodes (notamment les *Spirifers*), les Bryozoaires et les

Tentaculites. Mais la *calcite monocristalline* des Crinoïdes et la *calcite fibreuse* des Trilobites et des Ostracodes sont également abondantes. Dans les échantillons un peu silicifiés, les débris de Trilobites sont les premiers à être remplacés par de la silice. On observe également quelques débris phosphatés de Lingulidés et des spicules siliceux.

Le ciment est presque toujours une *calcite* bien cristallisée, largement poecilithique. Il s'y ajoute parfois un peu d'*argile*, de *chlorite* et de *glauconie pigmentaire*. Les échantillons évoluant vers les grauweekes comportent, en dehors du quartz de nourrissage, du *quartz cryptocristallin* et de la *calcédoine*. En affleurement, la *goethite*, diffuse au milieu de la *calcite* et habituellement en petits granules ou même en concrétions, acquiert parfois une importance qu'elle n'a probablement pas en profondeur. On a observé en particulier l'évolution de la *glauconie pigmentaire* en *goethite*.

L'examen microscopique de ces roches donne l'impression que sous la pression des sédiments, la *calcite* des tests se dissout et se répartit entre les grains de quartz qui se déplacent petit à petit, rendant ainsi la roche plus homogène.

c) Analyse des argiles aux rayons X

Ces roches étant peu argileuses, un seul échantillon, qui appartient à la partie supérieure des lumachelles (lumachelles à *Trigéria guerangeri*), a été analysé. La phase argileuse comprend 20 % de *chlorite* et les 80 % restant comportent de l'*illite*, mais également des minéraux gonflants confirmés par le traitement au glycérol et un chauffage à 450° (montmorillonite ou vermiculite).

d) Analyses chimiques

Les analyses effectuées sur trois de ces roches (tableau d'analyses chimiques 10, analyses 60, 62, 63) permettent de se faire une idée de leur teneur en carbonates et des proportions respectives de *calcite*/*dolomite*. La teneur en carbonates est évidemment très variable puisqu'elle dépend de l'abondance du quartz. Dans les échantillons analysés, elle varie de 8 à 38 %. Les proportions de *calcite*/*dolomite*, 94/6 à 86/14, classent ces roches dans les grès calcaires magnésiens ou légèrement dolomitiques. La teneur en fer métal est de 2 à 4 %, donc nettement supérieure à celle des sédiments gotlandiens.

5° Les calcaires lumachelliques gréseux et silteux

Il est bien certain qu'il n'existe en réalité aucune coupure naturelle entre d'une part ces roches, et d'autre part les grès calcaires lumachelliques précédents ou les calcaires lumachelliques que nous verrons par la suite. Les calcaires gréseux et silteux définis ici comportent en principe plus de 50 % de carbonates et de 10 à 50 % de clastiques.

Le niveau 44 (dalle de Bir Aïdiat à *Spirifer trigéri*) comporte des passées un peu silteuses (Pl. XIV, fig. 2), mais ce n'est qu'au-dessus de cette dalle que les calcaires lumachelliques grésosilteux deviennent courants, en particulier dans les niveaux 46, 48, 52, 55, 56 et 57.

a) Examen macroscopique

Ce sont des roches lumachelliques où abondent les débris organiques calcaires. La stratification n'est pas visible, ou elle est simplement soulignée par la sédimentation des coquilles. La gangue est finement gréseuse. La cassure est variable suivant la texture : semi-cristalline s'il y a des débris de Crinoïdes, spathique si le ciment de *calcite* est poecilithique, et semi-grenue si les grains de quartz sont abondants. Par rapport aux grès calcaires, la couleur devient plus claire avec une prédominance des teintes jaunes, violacées ou mauves. La patine est brun jaunâtre, rarement aussi foncée que pour les grès. Dans les niveaux 46 et 48, on note quelques nodules de phosphate noir, et, dans la lumachelle 55, des concrétions d'hématite rouge vin.

Les débris de fossiles sont très abondants et variés : Brachiopodes dont des *Spirifers*, Trilobites, Bryozoaires, Crinoïdes, Polypiers, Ostracodes et Tentaculites (Pl. XV, fig. 1). Ils peuvent parfois ne provenir que d'une seule espèce, des *Schuchertella* par exemple, empilées les unes sur les autres (Pl. XV, fig. 3).

CIH normal donne une effervescence forte; mais sur les échantillons où le carbonate est plus magnésien (tableau d'analyses chimiques 10, analyse 65; tableau 13, analyse 87) et sur ceux évoluant en grauweekes, l'effervescence n'est que légère.

b) Examen microscopique (Pl. XV, fig. 1 et 3)

- Structure lumachellique, souvent massive, ou à orientation des tests.
- Texture détritique, à grains non jointifs et à débris organiques jointifs ou non, parfois poecilithique, parfois passant à une texture mésogranulaire par recristallisation et dolomitisation.
- Mêmes éléments minéraux que dans les grès calcaires précédents, mais en moins grande quantité : quartz plus ou moins roulé, assez bien classé autour de 80 à 100 μ ; *plagioclase* et *chert*, *muscovite* et *biotite*, *zircon* et *tourmaline*, tous rares.
- Petits nodules de *phosphate pélitique*.
- Oolithes allongées (250 $\times$ 100 μ) de *chamosite*, ou parfois constituées de couches concentriques de *calcite* et de *chamosite* (fig. 62b). Un remplacement secondaire dans le sens *chamosite* $\rightarrow$ *calcite* $\rightarrow$ *ankérite* s'observe parfois (éch. 475, niveau 56).
- Débris très abondants et variés, souvent roulés (niveau 56), dans l'ordre de fréquence, de Brachiopodes, Crinoïdes, Trilobites, Bryozoaires, Ostracodes, Tentaculites et Polypiers.
- Ciment de *calcite*, moins fréquemment poecilithique que dans les grès calcaires, accompagnée de *goethite*, et souvent remplacée secondairement par de la *dolomite* et de l'*ankérite*.

c) Analyse chimique

Les analyses chimiques (tableaux d'analyses chimiques 10 et 13, analyses 64, 65, 87, 88) sont nécessaires pour séparer ces roches du groupe précédent. Par exemple, la lumachelle à *Schuchertella* (analyse 65) du niveau 52 est à la limite d'un grès avec 50,4 % de carbonate. Deux autres (analyses 87 et 88) ont des teneurs respectives de 61 % et 76 %. L'analyse 64 (éch. 2026) a été classée dans cette catégorie, malgré une teneur de 43 % seulement, car l'« insoluble » 57 % comporte 13 % d'oxyde de fer et seulement 34 % de silice.

La plupart de ces roches sont vraisemblablement de vrais calcaires, comme dans le cas de l'analyse 64 (éch. 2026) qui donne des proportions de *calcite*/*dolomite* de 96/4. Mais, dans la région de Bir Aïdiat, elles peuvent devenir magnésiennes.

N° éch.	Niv. c. s.	N° analyse	Total des carbonates	Calcite/Dolomite	Fer métal
2026	56	64	43	96/4	13,2
21754	52	65	50	94/6	2,7
21753	48	88	76	23,5/76,5	7,3
21751	46	87	61	25,5/74,5	5,7

Cette dolomitisation, que l'étude pétrographique nous a montré être secondaire, pourrait s'expliquer, à mon sens, par la proximité de la paléosurface d'érosion antécédente et par celle de failles. Les affleurements crétacés actuels ne sont qu'à 2 km et les échantillons des niveaux 46 et 48 ont été récoltés à une cote plus élevée (voir coupe B₁, p. 310) que les deux autres, donc plus proche de cette paléosurface. Il s'agit là d'un phénomène secondaire, qui n'a rien à voir avec la nature originelle de ces roches. Enfin il est à noter que ces dernières sont relativement ferrugineuses.

6° Les calcaires lumachelliques

Les faciès purement calcaires ne totalisent pas une grande puissance dans la série du Dévonien inférieur. Mais ils constituent des bancs repères précieux, affleurant bien, au milieu d'une sédimentation argileuse ou gréseuse monotone. C'est pourquoi il sera intéressant de définir les caractères distinctifs des principales dalles. Ceci est possible, pour l'instant, tout au moins dans la zone monoclinale de l'Est.

Ce sont des roches constituées par de très nombreux débris organiques calcaires, où dominent les Brachiopodes, les Crinoïdes et les Trilobites, auxquels s'ajoutent parfois un peu de quartz détritique. Elles se présentent à l'affleurement sous forme de dalles. Elles sont notamment connues :

- a. dans les lumachelles phosphatées de la base du Siegenien (niveau 32);
- b. dans la zone à *Uncinulus oehlerti* (dalle d'Iouinegt 35, 38, 39 bis, 40);

- c. à la base de la zone à *Spirifer trigeri* (dalle de Bir Aïdiat 44);
- d. dans les lumachelles à *Spirifer fallax* (52 et 57);
- e. dans la lumachelle à *Spirifer paradoxus-pellico* de l'Emsien (66).

a) Examen macroscopique

Ce sont des roches massives et lumacheliques, dans lesquelles la stratification n'est généralement pas nette. Elles se présentent en bancs pouvant atteindre 1,5 à 2 m dans la zone monoclinale de l'Est et 3 à 6 m dans la zone plissée de l'Ouest.

Elles se débitent en grandes dalles qui retombent sur les talus schisteux (notamment les dalles d'Iouineght et de Bir Aïdiat). La cassure est souvent semi-cristalline, ceci étant dû aux petits débris de Crinoïdes. La couleur, probablement grise en profondeur, est variable en surface suivant les dalles : gris bleu, bleu ciel, violacée, brun jaunâtre. Certaines dalles, sous le choc du marteau, dégagent une odeur fétide et c'est plus particulièrement le cas de la dalle 38 à Encrines, et de la dalle 40 à Orthocères. On n'y observe pas de minéraux détritiques à l'œil nu, mais des concrétions d'hématite rouge vin, particulièrement abondantes dans la dalle de Bir Aïdiat (44). Dans les calcaires des niveaux 32, 44 et 52, on peut remarquer de petits nodules phosphatés noirs et lisses.

Les débris de tests constituent la majeure partie de la roche et l'abondance respective des différentes classes d'organismes varie suivant les dalles : dalle à Orthocères, dalle à *Spirifer trigeri*, etc.

L'action de ClH normal est forte en général, sauf dans le cas d'une dolomitisation secondaire toujours possible.

b) Examen microscopique

La structure est massive, lumachelique, mais l'orientation peut apparaître au microscope par suite du dépôt horizontal des tests. La texture est à l'origine détritique à débris organiques jointifs (ou presque) et à clastiques minéraux non jointifs disséminés, ou même totalement absents (dalle à Orthocères du niveau 40, dalle à *Spirifer pellico* du niveau 66); mais par recristallisation de la calcite, elle peut évoluer plus ou moins complètement vers une texture hétérogranulaire. Les débris de Crinoïdes, en particulier, sont nourris par de la calcite de même orientation cristallographique, comme le quartz d'un quartzite (Pl. XIII, fig. 4).

Le quartz est le principal élément détritique minéral. Il reste toujours accessoire et ses dimensions ne dépassent jamais 200 μ , avec des moyennes variant de 35 à 100 μ . Les autres clastiques sont très rares. On n'a rencontré qu'exceptionnellement : plagioclase, muscovite, zircon, tourmaline et magnétite octaédrique. On observe aussi de petits débris de phosphate brun et dans les niveaux 32 et 52, des nodules de phosphate péritique.

Des oolithes de chamosite apparaissent dans les niveaux supérieurs (52, 57, 62 ?) tout comme dans les grès calcaires lumacheliques. Ce sont des oolithes à couches concentriques fines d'une chlorite ferrique brune, avec des nuclei variés : quartz, débris de tests organiques, grains de phosphate. Dans la lumachelle du niveau 57, des nuclei bien roulés peuvent atteindre des dimensions inhabituelles. La chlorite n'est plus alors réduite qu'à une très mince pellicule formant un enduit superficiel (Pl. XVI, fig. 4 et 5) et l'ensemble ne rappelle plus que de loin une véritable oolithe. On observe cependant tous les passages entre ce terme et une oolithe sans nucléus, ce qui établit leur origine commune. D'ailleurs L. CAYEUX (1935a, p. 212) considère encore comme oolithe des corps où le nucléus peut « constituer la plus grande partie, l'épaisseur de l'enveloppe étant alors très réduite ». La chlorite de ces oolithes est souvent remplacée partiellement ou totalement (Pl. XVI, fig. 3) par de la calcite monocristalline.

Les débris organiques fournissent la plus grande part de l'édifice. Ce sont des débris de calcite lamellaire (Brachiopodes, dont les Spiriféridés à partir de la dalle de Bir Aïdiat 44; Tentaculites), de calcite monocristalline (Crinoïdes, en particulier dans la dalle 38 qui est une encrinite), de calcite fibreuse (Trilobites, Ostracodes), de calcite cryptocristalline (Bryozoaires, notamment dans la dalle 35 d'Iouineght, Polypiers), de calcite recristallisée (Orthocères, en particulier pour la dalle 40). Dans certains niveaux, ces débris ne sont pas classés (dalle à *Spirifer pellico*, 66) et comportent à la fois de minces débris et des fossiles entiers (Pl. XVII, fig. 5). Dans d'autres, au contraire, ils sont mieux classés et même très roulés (dalles 42 et 44; Pl. XIV, fig. 1 et 2).

Le ciment est toujours essentiellement constitué de calcite, parfois largement cristallisée, mais le plus souvent hétérogranulaire, accompagnée par de la goethite, en quantité notable dans certains niveaux. Celle-ci, diffuse dans la roche, peut former des glomérules microscopiques dont la réunion finit par constituer de petits amas. C'est dans la dalle de Bir Aïdiat à *Spirifer trigeri* que les concrétions de goethite (hématite ?) sont le mieux développées, pouvant atteindre des dimensions de plusieurs centimètres.

Localement certains échantillons sont dolomitisés, mais ceci ne semble pas lié au dépôt, car le phénomène est, non pas en relation avec une couche, mais avec la présence de failles et de plissements, ou avec la proximité de la paléosurface crétacée.

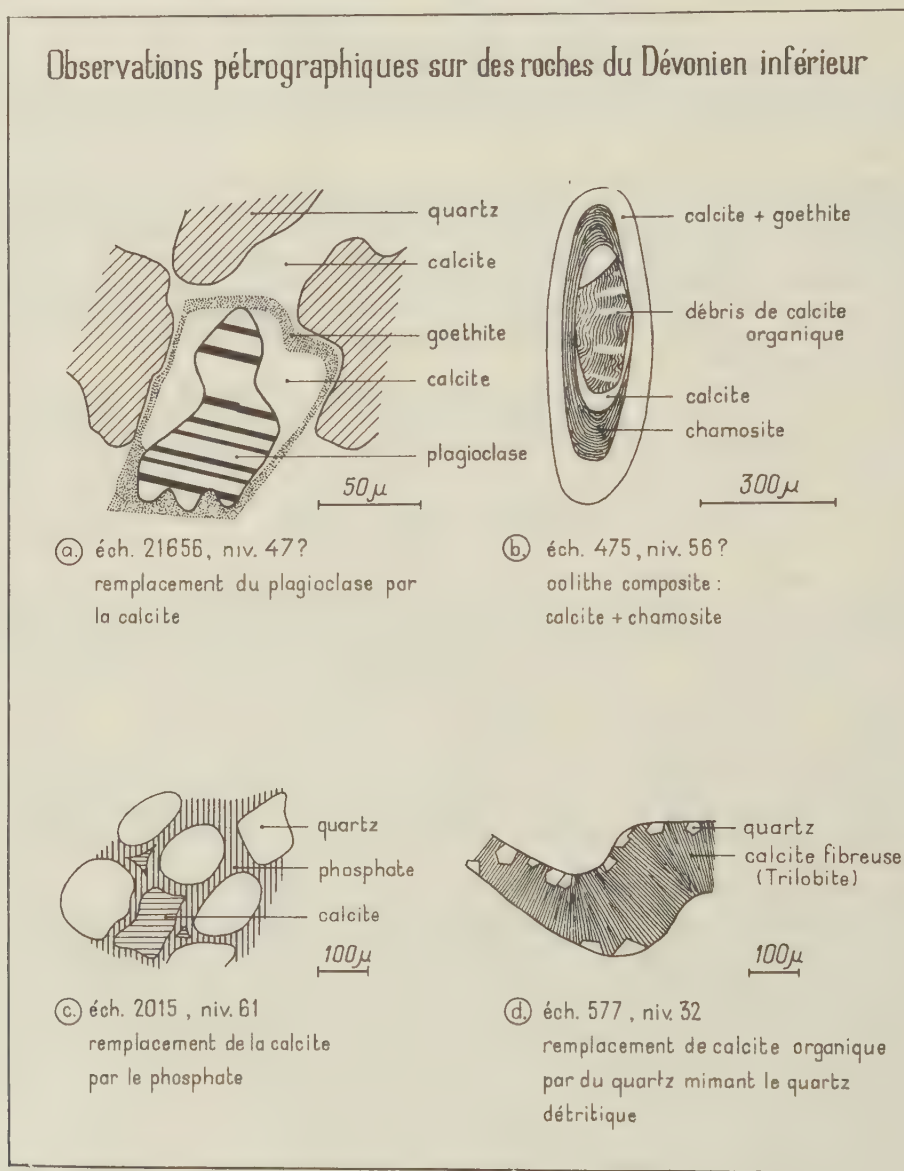


FIGURE 62

c) Analyses chimiques

Une quinzaine d'analyses ont été réalisées sur ces roches (tableaux d'analyses chimiques 11, 12 et 13). Elles ont permis d'en préciser les noms exacts, en calculant les proportions de calcite, de dolomite et d'« insolubles ». Les résultats sont portés sur le graphique de la fig. 63. Il apparaît sur ce graphique que ces roches sont, dans leur majeure partie, groupées dans le sifflet des calcaires et des calcaires gréseux (ou ferrugineux). Il s'agit donc en général de *calcaires vrais* et de *calcaires*

gréseux. De plus des analyses de la même couche donnent des points représentatifs très voisins les uns des autres dans le cas de la dalle d'Iouineght (35), des dalles à encrinites (38 et 39 bis), de la dalle à Orthocères et de la dalle de Bir Aïdiate. On peut donc dire que les principales dalles de la zone à *Uncinulus oehlerti* et la dalle de Bir Aïdiate ont des compositions très constantes dans toute la région étudiée.

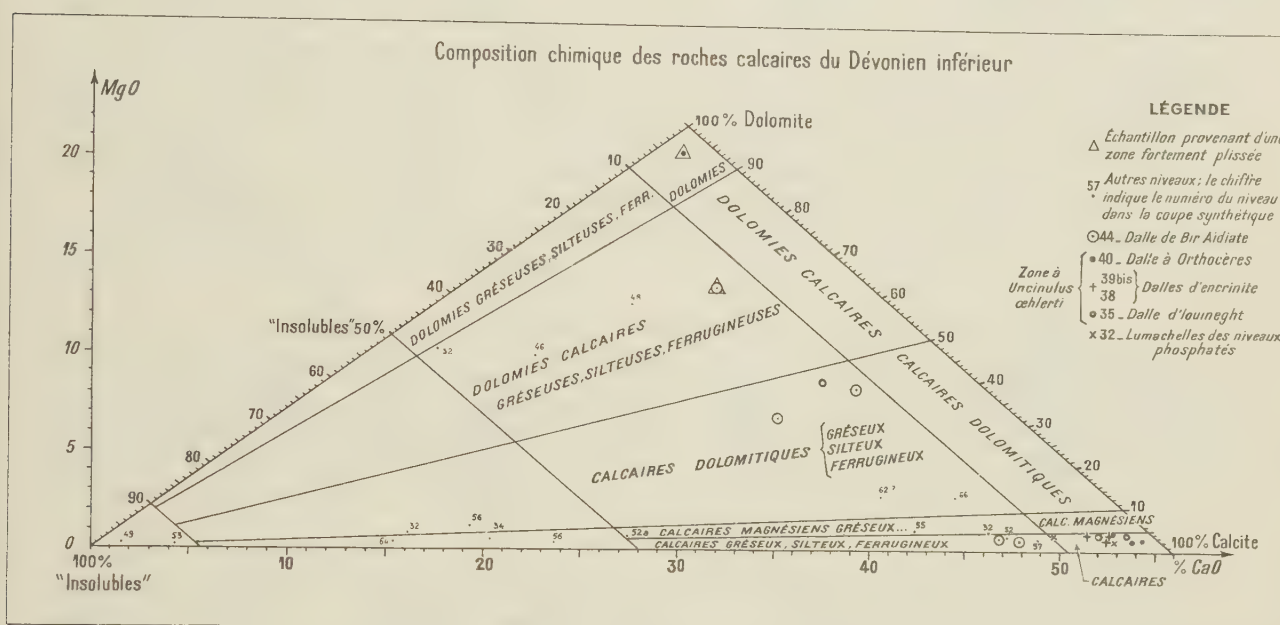


FIGURE 63

Les calcaires les plus purs proviennent de la dalle à Orthocères (40), de la dalle d'Iouineght (35) et des dalles à encrinites (38 et 39 bis). La dalle de Bir Aïdiate est moins pure, avec un « insoluble » de 14 % environ, où le fer entre d'ailleurs pour plus de la moitié. La dalle lumachellique (55) qui est à la base de la zone des Monstres, est moins pure (22 % d'« insoluble », dont 9,6 % de Fe_2O_3).

Le calcaire le plus pur analysé (analyse 75) est l'échantillon 21745 du niveau 40 (dalle à Orthocères) provenant de la coupe faite juste au Nord de Bir Aïdiate). Dans cette roche remarquablement pure (96,2 % de calcite), l'insoluble n'est que de 1,4 % et le rapport calcite/dolomite est de 97,5/2,5. Cet échantillon n'est d'ailleurs pas un cas particulier puisqu'un deuxième de la même région (éch. 2005) présente 2,6 % d'insoluble et un rapport de 97,7/2,3.

Toutefois certaines analyses révèlent des compositions très différentes pour des roches provenant cependant des mêmes couches (fig. 63). On remarquera qu'en général ces variations se font sans grand changement dans la teneur en « insolubles » (comparer, en particulier, sur le graphique, les roches du niveau 44 ou celles du niveau 40). Ceci revient à dire que la teneur en carbonates varie peu. En revanche, la variation des proportions relatives de calcite et dolomite est très grande. Deux de ces analyses, où la proportion de dolomite est très forte par rapport à la calcite, proviennent de la zone intensément plissée de Douik el Akhdhar. Plusieurs viennent de Bir Aïdiate où certains échantillons, ramassés à une altitude assez élevée, peuvent avoir été transformés par des phénomènes secondaires au voisinage de la paléosurface d'érosion, à la base du Crétacé. Enfin certains échantillons de Tighirt (ou de Bir Aïdiate) ont peut-être été récoltés au voisinage de failles.

Cette dissémination à travers tout le graphique des points figuratifs des roches dolomitiques confirme bien, à mon sens, le caractère secondaire et accidentel de cette teneur en dolomite, conclu-

	35 DALLE D'IOUINEGHT	38-39 BIS ENCRINITES	40 DALLE A ORTHOCERES	44 DALLE DE BIR AIDIATE	55 DALLE SOUS LA ZONE DES MONSTRES	66 DALLE A SPIRIFER PELLICO
débit	Grandes dalles marquant dans la topographie	petites dalles	petites dalles	<u>très</u> grandes dalles marquant dans la topographie	petites dalles	dalles marquant dans la topographie
structure	massive	massive	massive	lumachellique	lumachellique	lumachellique
casure		très cristalline	cristalline			
couleur patine	bleu ciel	bleu ciel gris bleu	gris bleu	violacée, rousse	violacée	ocre jaune
odeur sous le choc	fétide	<u>très fétide</u>	<u>très fétide</u>			
concrétions d'hématite	parfois	très rares	rares	<u>abondantes</u>	<u>très abondantes</u>	assez abondantes
nodules phosphatés				parfois		
macrofossiles particulièrement abondants	Brachiopodes sans Spirifers	Crinoïdes petites Brachiopodes	Orthocères	Spirifers	Brachiopodes	Brachiopodes Spirifers
clastiques	quartz épars	quartz épars	<u>pas de clastiques</u>	quartz épars	quartz assez abondant roulé	<u>pas de clastiques</u>
état des débris organiques			débris fins	débris roulés (calcaire allochtone)		débris non roulés (calcaire autochtone)
débris organiques les plus fréquents	Bryozoaires Crinoïdes Brachiopodes	Crinoïdes Brachiopodes Ostracodes	Orthocères Brachiopodes Crinoïdes Lingulidés	Spiriféridés Brachiopodes (Bryozoaires)	Brachiopodes Bryozoaires	Brachiopodes Crinoïdes Trilobites Ostracodes
caractères particuliers		nourrissage des débris de Crinoïdes par de la calcaite		un micro-organisme à 6 loges radiales indéterminé		
composition chimique	calcaire assez pur	calcaire pur	<u>calcaire très pur</u>	calcaire ferrugineux	calcaire très ferrugineux	

TABLEAU n° 23

Caractères distinctifs des principales dalles du Dévonien inférieur

sion à laquelle avait déjà conduit l'étude au microscope. La comparaison du graphique avec celui des roches dolomitiques de la série d'El Thlethate, où les points figuratifs sont concentrés dans le biseau des dolomies, convaincra de la différence de nature du phénomène : il s'agit ici de dolomitisation secondaire, locale, d'intensité variable, plus ou moins complète. Qu'il s'agisse de failles, de plissements intenses ou de paléosurface, dans chacun de ces cas les lumachelles calcaires ont été, grâce à l'érosion ou au broyage des roches, mises pendant une longue période en contact avec les agents atmosphériques (air et eau).

Un autre caractère important de ces roches réside dans leur teneur souvent assez élevée en fer. Dans le Gotlandien, les teneurs en Fe_2O_3 étaient de l'ordre de 1,5 %. Avec le Dévonien inférieur, les dalles les plus pures (35, 38, 40) restent pauvres en fer (0,8 à 2 % de Fe_2O_3), mais certaines dalles deviennent beaucoup plus riches. C'est le cas en particulier de la dalle de Bir Aïdiat (44) (8 %) et de la dalle (55) sur laquelle repose la zone des Monstres (9,6 %).

Enfin dans certains niveaux, les teneurs en phosphate sont appréciables; elles sont plus souvent dues à la présence de nodules ou galets phosphatés qu'à un ciment de phosphate. C'est notamment le cas des lumachelles du niveau 32 que nous allons étudier maintenant.

d) *Caractères distinctifs des principales dalles calcaires*

Dans le tableau n° 23, on a présenté les principaux caractères distinctifs des différents bancs de calcaires lumachelliques. Leur reconnaissance peut en effet se révéler utile au levé cartographique et à la compréhension de la tectonique. Sur ce tableau, on a souligné les caractères les plus marquants de chacune des dalles. La dalle 44, par exemple, est caractérisée par l'apparition des Spirifers, la dalle 35 par l'abondance des Bryozoaires.

7° *Les minerais de fer oolithiques et les niveaux à oolites de chlorite*

L'étude des niveaux précédents, et en particulier des lumachelles, nous a montré que le Dévonien inférieur était relativement riche en fer. Avec le niveau 42 de la coupe synthétique, repéré à Khang Lejouad, à Tighirt et à Bir Aïdiat, on passe à de véritables minerais de fer. De plus, comme nous l'avons déjà vu précédemment, du niveau 47 au niveau 61, des oolites de chamosite se trouvent fréquemment, mais disséminées, dans les roches.

On distingue les roches suivantes :

- α — Lumachelle ferrugineuse à débris de Trilobites, Brachiopodes, Crinoïdes, Bryozoaires, Tentaculites et Ostracodes et à petits nodules phosphatés (rapportée au niveau 42 avec une certaine incertitude).
- β — Calcaire ferrugineux à oolites de chamosite et à débris abondants de Brachiopodes, Crinoïdes, Trilobites et Ostracodes (niveau 42).
- γ — Minerai de fer oolithique (silo-gréseux) à oolites de chamosite et ciment ferrugineux, rouge vin ou jaune (niveau 42).
- δ — Minerai de fer calcaire microcristallin rouge vin (niveau 42).

a) *Examen macroscopique*

Ces roches ont un aspect macroscopique assez variable. Elles sont généralement peu consolidées, hétérogènes, à stratification peu visible. Toutefois certaines sont homogènes et massives, le grain devenant alors plus fin. D'autres sont lumachelliques et passent à des calcaires lumachelliques ferrugineux. Leur couleur est généralement rouge à violacé, avec parfois des passées jaunes, tout au moins en surface. Dans certaines, où la cassure est grenue, on observe à la loupe de petites oolites de moins de 1/2 mm de diamètre, de couleur brun clair. L'hématite ou la goëthite constituent une bonne part de ces roches et notamment le ciment ferrugineux des lumachelles. L'effervescence à ClH normal peut être nulle à forte, ce qui confirme le caractère variable de ces niveaux.

b) *Examen microscopique*

Les faciès sont trop variés pour que l'on puisse les envisager globalement. Nous verrons donc successivement la description des quatre principaux types :

α) *Lumachelle ferrugineuse* (Pl. XIV, fig. 1).

Ce faciès (éch. 339) n'est pas particulier au niveau 42. Il est également connu plus bas, dans les niveaux phosphatés (32), où il peut présenter des teneurs en fer métal notables (analyse 89 : 19,6 % de fer métal). Certains faciès particulièrement riches en fer de la dalle de Bir Aïdiat (44) s'en rapprochent (Pl. XIV, fig. 2) :

- structure détritique stratifiée, à clastiques essentiellement organiques;
- quartz détritique anguleux, dans les loges de Bryozoaires, mais absent du reste de la roche;
- abondants débris de tests en *calcite lamellaire* et *fibreuse*, très roulés;
- débris roulés de Crinoïdes épigénisés en *hématite*;
- nodules de grès fin phosphaté calcaire (diamètre 5 mm);
- ciment cryptocristallin de *goethite* dominante en petits grains dans un fond de *calcite* qui, dans certaines plages, finit par disparaître complètement.

β) *Calcaire ferrugineux à oolithes de chamosite* (Pl. XIV, fig. 4).

Ce faciès se rencontre dans le niveau 42, en particulier à l'Est de Tighirt (éch. 21652) :

- structure mal stratifiée;
- texture détritique à clastiques organiques, avec recristallisation;
- très nombreux petits débris de tests, les moins cassés étant ceux de Brachiopodes, en *calcite monocristalline* nourrie (Crinoïdes), en *calcite lamellaire* (Brachiopodes) et en *calcite fibreuse* (Trilobites, Ostracodes) avec remplacement par du quartz secondaire;
- abondantes oolithes de *chamosite*, ovoïdes, sans nucléus;
- quartz de remplacement secondaire;
- ciment de *calcite* hétérogranulaire assez largement cristallisée, et traînées d'*hématite* en abondants petits cristaux rhomboédriques pouvant s'agglomérer en masse (remplacement de dolomite ou d'oligiste ?).

γ) *Minéral de fer oolithique* (Pl. XIV, fig. 3).

Ce faciès est courant dans le niveau ferrugineux 42, de Khang Lejouad à Bir Aïdiat. Il peut présenter des teneurs en fer importantes (éch. 583, 2006, 21747) :

- structure noduleuse concrétionnée vaguement orientée;
- texture très hétérogène, oolithique et microgranulaire;
- petits grains de quartz détritique anguleux à subanguleux disséminés, de 50 μ de moyenne;
- quelques rares paillettes de *muscovite* détritique;
- oolithes ovoïdes (100 à 300 μ), parfois déchiquetées (voir Pl. XIV, fig. 3), avec ou sans nucléus de quartz et à écorce formée de couches concentriques de *chamosite* donnant de belles croix noires en lumière polarisée;
- ciment hétérogène mal défini d'argile, de *chamosite*, de quartz cryptocristallin envahi par de la *goethite* abondante.

δ) *Minéral de fer calcaire microcristallin rouge vin.*

Ce faciès plus fin et plus compact se rencontre en particulier entre Aguelte Iouinegt et Tighirt :

- structure homogène légèrement stratifiée;
- texture microcristalline sans clastiques;
- grains jointifs (10-15 μ) de *goethite* (rouge orangé en lumière réfléchie), dont les intervalles sont comblés par de la *calcite* et par un peu de *chlorite*;
- rares paillettes de *muscovite* détritique;
- rares débris de tests en *calcite* recristallisée, indéterminables.

c) *Analyse aux rayons X*

Une seule analyse, effectuée sur le niveau 42 (éch. 2006), a confirmé la nature chloriteuse des oolithes, en donnant pour la phase argileuse la composition suivante : chlorite, 80 %, illite, 20 %.

Il s'agit donc d'une chlorite ferrique qui a au microscope les caractères de la *chamosite*, étant bien entendu que ce terme est pris dans un sens assez large de chlorite ferrique. Des études récentes (J. ORCEL,

St. HÉNIN et S. CAILLÈRE, 1949) (S. CAILLÈRE, St. HÉNIN et J. ESQUEVIN, 1951) (S. CAILLÈRE et St. HÉNIN, 1953) ont mis au point des procédés de séparation des phyllites ferrifères et ont montré que les « chlorites de fer » comportaient en réalité des minéraux à 7 Å (kaolinite et antigorite ferrifères), des minéraux à 10 Å (mica et illite) et des minéraux à 14 Å (montmorillonite, chlorite gonflante et véritables chlorites ferrifères). La dernière de ces notes indique que les minerais à chlorites vraies sont généralement paléozoïques (bavallite de Basvallon, et chamosite de Chamoson) alors que les autres sont plutôt mésozoïques.

En l'attente d'une étude ultérieure plus poussée, qui nécessiterait une séparation des phyllites ferrifères, nous admettrons la nature de chlorite vraie à 14 Å des oolithes dévonniennes du Zemmour, étant donné la fréquence de ce type au Paléozoïque, et la nature essentiellement chloriteuse de la phase « argileuse » brute.

d) Analyses chimiques

Le tableau d'analyses chimiques 14 donne le résultat de quatre analyses du niveau 42, plus une analyse du niveau calcaire ferrugineux observé à la base de l'Emsien (niveau 61). Les compositions sont très variables, notamment à cause des proportions variables des carbonates et des oxydes, en plus des silico-aluminates (F. J. PETTJOHN, 1957, p. 457).

Le niveau 42 comporte des minerais de fer dont la teneur dépasse couramment 30 % de fer métal. L'échantillon présentant la plus forte teneur provient de la coupe de Bir Aïdiat (B₄) avec 36,3 % de fer métal. Si l'on dépasse là la teneur des minerais oolithiques de Lorraine, on est encore loin des teneurs moyennes du minerai de Gara Djebilet, sur la bordure sud du bassin de Tindouf, qui contient une moyenne de 55,6 % de fer métal, d'après une analyse in G. MATHERON (1955, p. 59). La couche n'a donc pas actuellement une valeur économique, toutefois, c'est un minerai dont la teneur serait intéressante en Europe (aux Etats-Unis, d'après F. J. PETTJOHN, 1957, p. 449 et H. L. JAMES, 1954, dans le district du Lac Supérieur, on utilise le terme de minerai — iron ore — à partir de 15 % de fer métal). Ici, ce fer est surtout sous forme ferrique.

Le « minerai » est siliceux (20 % de silice environ) et plus ou moins calcaire suivant les types (1 à 60 %). Ces variations correspondent à la présence de la chlorite oolithique, du ciment et de débris calcaires observés au microscope. Le manganèse est toujours présent. Le magnésium provient de la chlorite. La teneur en P₂O₅ est de l'ordre de 1,25 %. La teneur en eau de constitution est très forte et peut dépasser 10 %, ce qui laisse à penser qu'en dehors de la chlorite, une partie du fer est sous forme d'hydroxydes (goethite).

La composition minéralogique de tels minerais est trop complexe pour que le calcul permette de la reconstituer avec précision. On peut arriver à un résultat très approché en admettant pour formule de la chamosite (E. S. DANA, 1950, p. 673) :



et en utilisant tout le FeO et tout le MgO de l'analyse, après calcul de H₂O⁺ par soustraction du CO₂ calculé de la perte au feu.

On trouvera ci-dessous le schéma de ce calcul, malheureusement trop théorique :

ANALYSE 91

21 652	%	Equiv. moléc.		Poids moléc.		Restes éq. mol.
FeO	4,95	68,8	15 {	821	68,8	—
MgO	0,88	21,8		144	21,8	—
SiO ₂	5,40	90,0		660	66,4	23,6
Al ₂ O ₃	5,33	52,2		510	30,2	22,2
H ₂ O ⁺ ...	2,66	122,2		288	96,6	25,6
			1 chamosite	2 423	× 6,04	= 14,6 %
Fe ₂ O ₃	18,62	116,4				90,8
			1 goethite	178	× 25,6	= 4,6 %
			1 hématite	160	× 90,8	= 14,5 %
			Total des minerais			= 33,7 %

Mais un tel calcul ne peut donner que des indications très approchées, car la teneur en FeO est approximative, une partie risquant d'être oxydée en Fe_2O_3 au cours de l'analyse, malgré toutes les précautions prises. De plus, une partie du Fe est peut-être sous forme de sidérose, ou une partie du Mg sous forme de dolomite, ce qui change le pourcentage de CO_2 et par suite de H_2O^+ . Ce mode de calcul nous a donné les résultats suivants pour trois roches ferrugineuses à oolites de chamosite du niveau 42.

N° d'analyse	91	93	94
N° d'échantillon	21 652	21 747	2 006
% fer métal	16,9	31,1	36,3
% chamosite	14,6	12,6	19,7
% goethite	4,6	46,4	50,0
% hématite	14,5	—	—
% total des minerais	33,7	59,0	69,7

Ces proportions des minerais ferrugineux sont en accord avec les observations faites au microscope.

e) Intérêt économique des minerais de fer du niveau 42

Ce niveau de minerais de fer n'a, dans les conditions actuelles, aucun intérêt économique. En effet la couche est très mince, et n'atteint 2 m que dans la région située au Sud de Tighirt. De plus, elle affleure généralement dans le talus de la falaise de la dalle de Bir Aïdiat et est, par conséquent, toujours recouverte de mort-terrains. Enfin des teneurs de 30 à 36 % de fer métal sont sans intérêt économique dans une région saharienne située à 220 km de la côte (teneur moyenne des minerais lorrains exploités : 32 %).

f) Répartition des oolites de chamosite dans le Dévonien inférieur

Si le niveau ferrugineux 42 est particulièrement riche en oolites de chlorite de fer, ces dernières ont une extension verticale beaucoup plus grande, puisqu'on les rencontre à partir de ce niveau 42 situé au-dessous de la lumachelle à *Spirifer trigeri* et *Sp. rousseaui*, jusqu'au niveau 62, attribué à l'Emsien, au-dessous de la lumachelle à *Spirifer pellico*.

Comme on pourra le constater sur les tableaux stratigraphiques, j'ai observé de telles oolites dans les niveaux 42, 44 (?), 47, 48, 50, 52 (Pl. XVI, fig. 3), 53, 55 (Pl. XV, fig. 5), 56, 57 (Pl. XVI, fig. 4 et 5), 60, 61 et 62. Quelques rares oolites chlorito-calcaires ont encore été observées dans le niveau 70, vers la base du Couvinien. Je ne connais plus ensuite d'oolites de ce type que dans le biostrome à Cyathophyllidés (niveau 79) à l'Ouest de Tighirt, et quelques très rares oolites calcaires à enveloppe externe de chlorite dans le niveau 94, vers la base du Dévonien supérieur (Pl. XXI, fig. 4). En dehors du niveau 42 ferrugineux, c'est surtout dans les lumachelles à *Spirifer fallax*, notamment dans la zone des Monstres 56, que les oolites de chamosite sont courantes, sans que jamais la roche grésocalcaire ne passe à une « oolite ».

On peut donc dire que les oolites chloriteuses, sur la bordure orientale du Zemmour, sont très caractéristiques des parties moyenne et supérieure du Dévonien inférieur. Elles s'étagent des niveaux 42 à 62, avec une courte réapparition à la base du Couvinien, dans le niveau 70. Leur maximum d'abondance s'observe dans le niveau ferrugineux 42 où elles constituent des minerais, et dans les lumachelles à *Spirifer fallax*. Elles peuvent donc servir de repère stratigraphique local, surtout si l'on n'oublie pas que souvent, comme nous l'avons vu p. 329, ces oolites sont remplacées entièrement ou presque par de la calcite monocristalline (Pl. XVI, fig. 3).

g) Conditions de sédimentation

Les niveaux ferrugineux du Dévonien inférieur sont souvent marqués par une forte usure des débris organiques qui sont très roulés, comme on pourra le voir sur certaines microphoto-

graphies (Pl. XIV, fig. 1 et 2; Pl. XVI, fig. 4 et 5). Ceci montre donc que le matériel a été longtemps soumis à l'action d'eaux agitées.

Les oolithes de chlorite sont également considérées comme l'indication d'un *milieu turbulent* par L. CAYEUX (1909, p. 267) et par F. J. PETTIJOHN (1957, p. 460) et d'un milieu plutôt aérobie qu'anaérobie. A. BONTE (1941, p. 362) souligne lui aussi que la mise en suspension quasi continue des oolithes est indispensable à l'élaboration des pellicules concentriques et que l'agitation de l'eau doit aller de pair avec ses propriétés chimiques. Les silicates de fer (chamosite) se forment, d'après W. C. KRUMBEIN et R. M. GARRELS (1952) dans des conditions de pH neutre ou légèrement basique (pH = 7.0 à 8.0) et de potentiel d'oxydo-réduction neutre ou légèrement oxydant (Eh de $-0,1$ à $+0,1$) (G. I. TEODOROVICH in G. V. CHILINGAR, 1955).

En revanche, ces oolithes ne sont pas liées à l'absence ou à la présence des clastiques. En effet si dans le niveau 42 les clastiques sont rares, voire souvent totalement absents (tableau stratigraphique VI), au contraire dans les lumachelles à *Spirifer fallax*, le quartz détritique est abondant et même plus grossier (100 à 200 μ) que dans les couches sous-jacentes (tableau stratigraphique VIII).

Toutes les observations microscopiques font penser que la chlorite de fer est d'origine primaire : la finesse des couches concentriques, inexplicables par un remplacement secondaire; les minces pellicules de chlorite observées sur de gros débris roulés de calcite lamellaire non épigénisée. En revanche certaines oolithes perdent leur structure concentrique, peut-être par une évolution de la chlorite en sidérose (?). De plus le remplacement de la chlorite par la calcite a été observé de façon indubitable (Pl. XVI, fig. 3). Il s'agirait donc d'oolithes à l'origine en chamosite, qui peuvent avoir été remplacées ultérieurement, peut-être d'abord par de la sidérose, puis certainement par de la calcite. Ce mode de remplacement a déjà été décrit par G. LUCAS (1942, p. 292, 305 et 339).

C'est ici une succession différente de celle énoncée par L. CAYEUX (1916, p. 259) qui voit, dans les gisements oolithiques français, la succession calcite $\rightarrow$ sidérose $\rightarrow$ chlorite (chamosite); mais il faut remarquer, à la suite de L. DEVERIN (1945, p. 13), que contrairement à ce que l'on pense souvent, L. CAYEUX parle d'une évolution minéralogique antérieure à la sédimentation de l'oolithe, et non pas d'une « épigénie d'un calcaire oolithique déjà lapidifié » [A. BONTE (1941) dirait une évolution dans le « milieu générateur »].

En revanche aucune de nos observations ne nous autorise à suivre ici les idées de L. DEVERIN (*ibid.*, p. 18 et 20) qui pense que les oolithes de chamosite du Dogger des Alpes suisses proviennent d'une transformation centripète de débris d'Echinodermes en ovulites (oolithes) de chamosite. Dans les roches du Zemmour, les débris de Crinoïdes semblent directement épigénisés en goethite et être indépendants des oolithes.

Par ailleurs, le ciment de ces roches est surtout constitué d'hématite et de goethite. Cette dernière est souvent manifestement secondaire puisqu'elle épigénise les débris de Crinoïdes tout en envahissant le ciment de calcite.

Ces diverses observations conduisent à penser que les niveaux plus ou moins ferrugineux du Dévonien inférieur correspondaient à une sédimentation côtière assez turbulente, alimentée en fer par le lessivage du continent dans des conditions de pH et de Eh particulières permettant la précipitation de silicates et d'oxydes de fer.

La dissémination des oolithes de chlorite (chamosite), d'ailleurs souvent cassées, déchiquetées, dans de nombreux niveaux où elles ne se trouvent pas concentrées, est peut-être due à des remaniements de dépôts plus riches qui sont masqués, disparus, ou même ont été remaniés avant la diagénèse. Ceci rejoint les idées de L. CAYEUX (1909, 1922) et L. DEVERIN (1945), qui pensent que les oolithes se sont formées dans un autre milieu que celui de leur dépôt. J. Y. THÉBAULT (*in* G. MATHERON, 1955, p. 57) souligne l'extrême variabilité des conditions de dépôts de ce type de niveau sur la bordure sud du synclinal de Tindouf : « les accidents ferrugineux ne sont pas rares dans la région [de Djebilet], à tous les étages. Seules varient dans les sédiments l'étendue des concentrations, les puissances, les teneurs. Le gisement reconnu [de Djebilet] est un cas extrême... Il apparaît donc que les eaux de la mer étaient toujours fortement chargées en fer, transporté, suivant le schéma classique, à la mer, à l'état ferrique, par les cours d'eau, pour y être réduit à l'état ferreux ».

Cette variabilité dans le détail, des conditions de dépôt, est liée à la proximité probable de la côte, comme l'indique par ailleurs la nature des autres sédiments : lumachelles, grès lumachelliques, grès à ripplemarks.

Enfin les concentrations d'hématite et de goethite qui constituent le ciment de certaines lumachelles sont dues à des remobilisations du matériel ferrugineux originel, avec des concentrations irrégulières locales, des épigénies, etc. Au microscope, on observe que la goethite passe par plusieurs stades : grains microscopiques disséminés, agglomération de ces grains en petites taches, fusion des taches en grosses concrétions. Il n'est pas possible de préciser l'âge de ce phénomène postérieur à la sédimentation. Le minerai oolithique de Djebilet doit sa riche teneur à de tels phénomènes d'oxydation qui, après le stade de la goethite, atteignent celui de l'oligiste et de la magnétite.

8° Les niveaux à nodules et galets phosphatés

Le Dévonien inférieur, et comme nous le verrons plus loin, la base du Couvinien inférieur, sont caractérisés sur la bordure orientale du Zemmour par la fréquence des niveaux conglomératiques à petits nodules et galets de phosphate. Ces éléments riches en phosphate peuvent se rencontrer disséminés dans tous les bancs de calcaires lumachelliques entre les niveaux 32 et 62; en particulier, on en trouve parfois dans la dalle de Bir Aidiat (44), mais ils donnent naissance à de véritables conglomérats seulement dans les niveaux 32 et 60-61 pour le Dévonien inférieur, et 71-73 pour le Couvinien inférieur.

a) Examen macroscopique

Dans le Dévonien inférieur, les galets ou nodules phosphatés se rencontrent tous dans des roches calcaires appartenant aux différents types que nous venons de passer en revue.

α) Etude de la matrice du conglomérat.

Dans le niveau 32, les nodules se trouvent dans des calcaires lumachelliques, plus ou moins silteux (ou finement gréseux), ou dans des grauweekes (au sens ardennais) provenant de siltstones calcaires lumachelliques en voie de silicification. Ce sont souvent des roches ferrugineuses à amas ou même à lits d'hématite, donnant à la pâte de la roche des couleurs foncées, rouge vin ou brune. Les débris de tests sont abondants : Brachiopodes, Crinoïdes, Trilobites, Tentaculites et Bryozoaires. L'effervescence à ClH normal est généralement forte.

Dans le niveau 61, la gangue du conglomérat est un calcaire jaune brun à jaune ocre, constitué par de nombreux petits débris organiques visibles à la loupe et par des grains de quartz parfois roulés. L'effervescence à ClH est moyenne ou forte.

Dans tous les cas la roche, bien qu'elle se présente en petits bancs, n'est qu'assez grossièrement stratifiée. Les galets peuvent être fortement adhérents à la gangue (niveau 32) ou au contraire s'en séparer facilement (61).

β) Les galets ou nodules.

Les éléments sont en général assez petits, de l'ordre de 5 à 20 mm, mais on observe parfois des galets plats qui peuvent atteindre 4 ou 5 cm dans leur plus grande dimension. Leur surface est toujours parfaitement lisse et leurs formes très douces. Ils sont souvent plats, mais alors les bordures restent très arrondies. Ils présentent souvent des creux, des cavités, des « rentrants », leur donnant des formes irrégulières, qui évoquent plus des concrétions ou nodules que des galets.

En surface, ils sont toujours brun foncé ou noirs, et luisants. La cassure est noire également, ou grise. Les plus gros sont souvent plus clairs au centre (jaune, rose ou brun clair) qu'en bordure. Dans ce cas, ClH normal donne une effervescence faible en bordure, forte au centre, qui indique que cette couleur est due à une plus grande richesse en carbonates vers le centre. Ce dernier peut encore être occupé par de l'hématite et devient alors rouge. Ces nodules sont constitués par une matière fine, dure, homogène. La réaction du phosphomolybdate d'ammonium en milieu nitrique est très nette, donnant un beau précipité jaune, à condition d'agir sur la poudre très finement broyée. Cette description macroscopique correspond tout à fait à celle des nodules phosphatés en général, donnée par L. CAYEUX (1939; 1950, p. 927) ou par F. J. PETTIJOHN (1957, p. 473-474).

b) *Examen microscopique*a) *La gangue.*

Dans le niveau siegenien (32), la roche est variable. La structure est généralement massive luma-chellique, la sédimentation des tests pouvant donner une certaine orientation à la roche (Pl. XII, fig. 5).

La texture est détritique, à grains de quartz non jointifs et à débris de tests plus ou moins jointifs. Le quartz détritique est anguleux, bien calibré entre 15 et 125 μ , avec des moyennes comprises entre 35 et 50 μ . Les autres minéraux, plagioclases, muscovite, biotite, tourmaline et zircon sont rares.

Les débris organiques sont abondants, souvent roulés, avec prédominance des Bryozoaires, des Brachiopodes articulés, des Trilobites et des Crinoïdes (voir tableau stratigraphique V) sur les Lingulidés et les Tentaculites.

Le ciment est constitué par de la calcite microcristalline (70 à 100 μ), sur laquelle se surimposent de petits grains envahissants d'hématite et de goethite. Des rhomboédres d'ankérite peuvent aussi prendre la place de la calcite. La goethite peut épigéniser sur leur bordure les débris de Trilobites et de Crinoïdes (Pl. XII, fig. 5).

Du quartz secondaire remplace aussi la calcite fibreuse des tests de Trilobites (même fig.). Dans certaines grauwackes, ce quartz devient abondant et mime le quartz détritique (fig. 62d). Lorsque ce type de quartz, qu'on rencontre dans tout le Dévonien inférieur, se développe, il devient difficile de reconnaître ces roches silicifiées (grauwackes ardennaises) des siltstones calcaires véritablement détritiques et des quartzites. On rejoint là certaines des observations de C. SOROTCHINSKY (1954 [1952], p. 553) faites sur des roches du Dévonien inférieur belge : « Le quartz en mosaïque typique des quartzites du Paléozoïque se forme également à la place des organismes à test calcaire. La roche quartzitique supposée originellement sableuse peut en réalité provenir d'une substitution par le quartz néogène d'une roche originellement calcaire. Nulle trace de cette substitution ne persistera dans la roche complètement silicifiée ».

Dans le niveau attribué à l'Emsien (61), la gangue est différente. La structure de la roche est massive et conglomératique; la texture est détritique à petits éléments organiques dominants; les grains de quartz sont assez mal classés, anguleux à subarrondis, avec parfois quelques gros quartz roulés (1000 μ). La dimension moyenne des grains, d'ailleurs étalée, est de l'ordre de 150 μ . Les autres clastiques minéraux sont très rares. On observe aussi des oolithes de *chamosite* remaniées ou remplacées par de la calcite.

Les débris organiques, finement triturés, comprennent de nombreux tests d'Ostracodes, accompagnés de débris de Brachiopodes et Crinoïdes, et accessoirement de Bryozoaires, Trilobites et Eoptéropodes (voir tableau stratigraphique IX). Ces éléments sont liés par de la calcite micro- ou cryptocristalline, colorée par des oxydes de fer jaunes et envahie par de la goethite (Pl. XVII, fig. 1). Parfois, le ciment est de l'ankérite jaune.

β — *Etude des galets ou nodules du conglomérat* (Pl. XII, fig. 4-5; Pl. XVII, fig. 1 à 4).

Au microscope, les microgalets et les petits galets phosphatés montrent toujours des contours très réguliers, très « usés »; même les débris les plus allongés présentent un très fort indice d'arrondi (Pl. XVII, fig. 1).

Les roches phosphatées qui les constituent sont variées et méritent une mention particulière. Elles comportent une série continue de roches avec tous les passages intermédiaires. Les facteurs variables sont l'abondance et la granulométrie du quartz, la nature des autres clastiques, la présence d'oolithes, de débris organiques et de microfaunes, la nature du ciment (phosphate, calcite, goethite), et enfin les remplacements. Parmi cette multitude de possibilités, on peut citer les suivantes, dont les termes extrêmes ne contiennent pas de phosphate :

- grès calcaire à oolithes de *chamosite*
- grès calcaire phosphaté, à oolithes de *chamosite* (plus ou moins phosphatisées)
- grès fin calcaire phosphaté micacé
- grès fin phosphaté à oolithes de *chamosite*
- siltstone calcaire et phosphaté
- siltstone phosphaté plus ou moins micacé
- pélite phosphatée micacée
- pélite phosphatée (micacée) ferrugineuse
- phosphate gréseux
- phosphate silteux

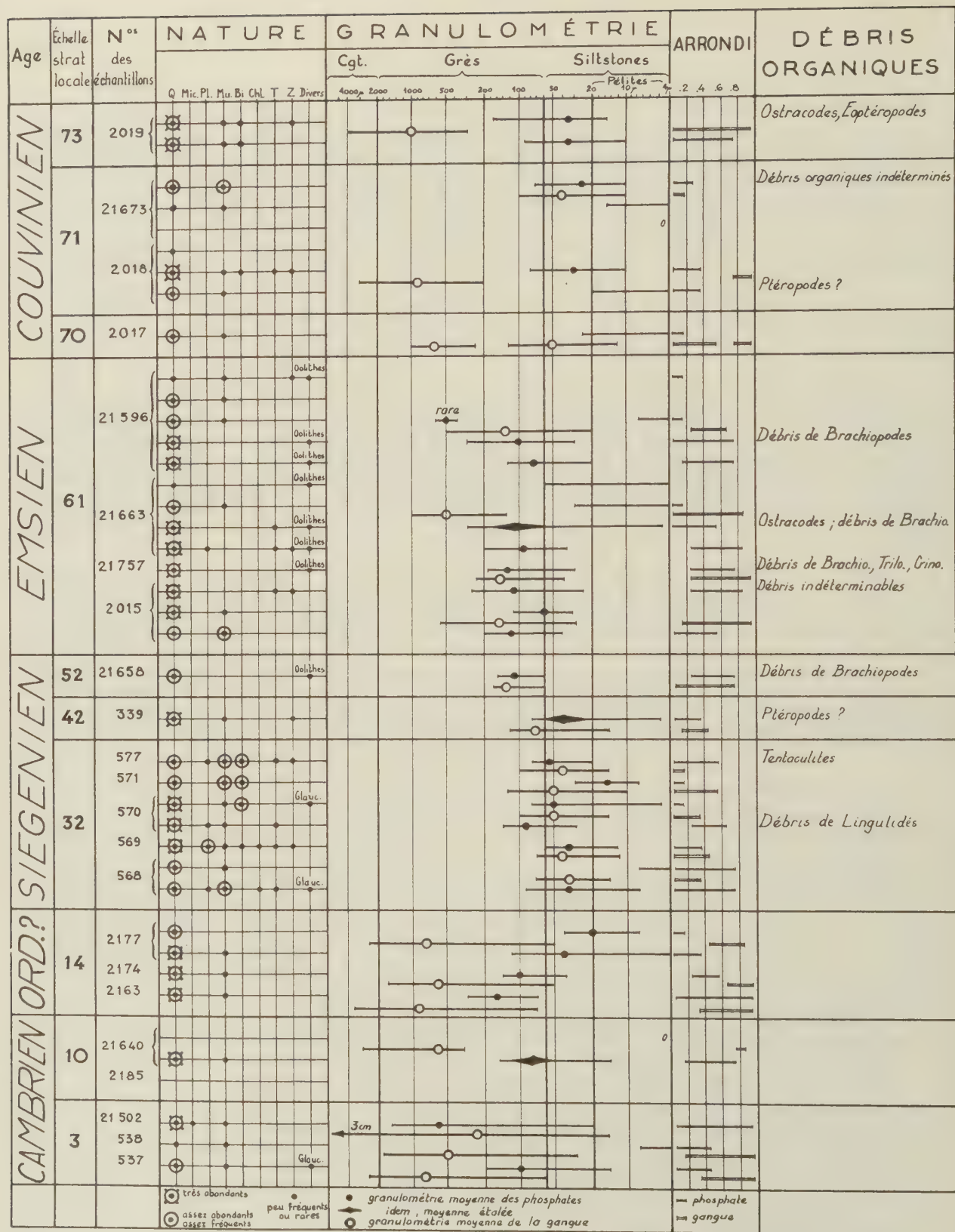


TABLEAU n° 24
Etude de la phase clastique des nodules phosphatés du Paléozoïque du Zemmour

- phosphate pélitique
- phosphate pélitique ferrugineux
- phosphate à oolithes de phosphate (ferrugineux)
- calcaire cryptocristallin ferrugineux.

Les roches à oolithes n'ont été observées que dans le niveau **61**.

La structure au microscope est très généralement massive, sans stratification visible (Pl. XVII, fig. 1). On observe parfois une stratification entrecroisée, ou même, dans le niveau **61** (Pl. XVII, fig. 2), une stratification finement litée, qu'interceptent les contours des galets. La texture est détritique, à éléments minéraux généralement non jointifs ou presque jointifs, parfois répartis en traînées.

Le quartz est le minéral détritique principal. Le tableau n° 24 groupe toutes les observations granulométriques faites sur le quartz des galets phosphatés depuis la base de la série de l'Oumat el Ham (niveau **3**) jusqu'au Couvinien inférieur (niveau **73**). Il permet de comparer ces granulométries à celles de la gangue. Comme l'a écrit L. CAYEUX (1950, p. 928), « la comparaison des nodules et de leur gangue, dans leur constitution intime, se révèle des plus instructives pour l'histoire des phosphates. Tel nodule est étroitement apparenté à sa gangue; tel autre lui est tout à fait étranger. Le premier a pris naissance *in situ*, le second est remanié, et les dépôts auxquels ils appartiennent ont des significations différentes ».

Sur 27 observations relevées, 22 montrent une granulométrie moyenne de la gangue plus grossière que celle des nodules; 2 une granulométrie moyenne identique et 3 très légèrement inférieure. De même la granulométrie maxima est plus élevée dans la gangue que dans les nodules dans 25 cas sur 27. Les exceptions se trouvent toutes dans le niveau **32**. On peut donc dire que *d'une manière générale, les galets ou nodules ont une granulométrie plus fine que celle de la gangue*. De plus, *les grains sont souvent plus anguleux dans les nodules que dans la gangue*, ceci pouvant d'ailleurs être lié à l'observation précédente : plus les grains sont fins, plus ils sont anguleux. Ils sont en général *très bien classés* (Pl. XII, fig. 5; Pl. XVII, fig. 1). Enfin dans un même échantillon conglomératique, on rencontre des galets de plusieurs granulométries différentes, mais le plus souvent bien classées à l'intérieur de chaque galet.

Les autres minéraux détritiques rencontrés sont le *plagioclase* assez rare, la *muscovite* fréquente, parfois même abondante. La *biotite*, absente du niveau **61**, est fréquente dans le niveau **32**. La *chlorite* est plus rare. On rencontre aussi *tourmaline*, *zircon*, *glauconie* et des grains remaniés de *calcite* et de *phosphate*.

Remarque importante, *la nature des débris détritiques semble dans une certaine mesure en relation avec celle de la gangue*. Ceci se vérifie déjà au Cambro-Ordovicien, seule époque à laquelle le tableau n° 24 indique du microcline dans certains galets phosphatés (éch. 21502, niveau **3**). Au niveau **32** du Siegenien, le tableau stratigraphique V montre que les roches-gangues contiennent un peu de muscovite et de biotite détritiques, tandis que celles du niveau **61** à l'Emsien (tableau stratigraphique IX) n'en contiennent pas du tout. Le tableau n° 24 nous montre de même que, dans le niveau **32**, les nodules phosphatés contiennent en assez grande quantité muscovite, biotite et chlorite, alors que le niveau **61** n'offre que quelques rares paillettes de muscovite.

Cette même observation peut être faite avec les oolithes. Les oolithes de *chamosite* apparaissent dans les galets au niveau **52** et n'ont pas été observées plus haut que dans le niveau **61** (rappelons l'extension verticale des oolithes de chlorite : niveaux **42** à **62**, et niveau **70** où elles sont rares. Ces oolithes de *chamosite* sont en tout point semblables à celles décrites précédemment (p. 333-338) dans les roches du Dévonien inférieur. Elles sont ovoïdes ($70 \times 120 \mu$) et constituées de fines couches concentriques de chlorite brun verdâtre, avec parfois un nucléus de quartz (Pl. XVII, fig. 3). Elles peuvent être remplacées par de la calcite monocristalline (éch. 21658, niveau **52**). Dans le niveau **61**, certains galets sont constitués de phosphate oolithique (Pl. XVII, fig. 4). Il semble que le phosphate a remplacé des oolithes de *chamosite*. Les oolithes ont la même forme et les mêmes dimensions que les oolithes de chlorite habituelles. Certaines couches concentriques sont occupées par de la goethite.

Enfin, si les phosphates du Cambro-Ordovicien ne semblent pas contenir de restes organiques, on rencontre dans le niveau **32** des débris de Lingulidés au test phosphaté et des débris calcaires

de Tentaculites. Dans le niveau 52, on trouve des débris de Brachiopodes. Enfin, dans le niveau 61 (Emsien), on observe des débris de Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes et Crinoïdes, qui excluent toute hypothèse d'une reprise de phosphates cambriens ou ordoviciens sous forme de galets.

Le ciment de ces phosphates gréseux, silteux ou pélitiques est constitué par du *phosphate*, de la *calcite* et de la *goethite*, en proportions variables. Le phosphate, en lame mince, se présente sous forme d'une masse jaune à jaune brun, amorphe, isotrope. On observe souvent que la calcite (comme la goethite) le remplace, le pénétrant par des filonnets ou sous forme de prismes allongés.

En revanche, dans l'échantillon 2015 du niveau 61, à Bir Aïdiate, les grains de quartz du galet sont enrobés dans de la *calcite* bien cristallisée qui, vers une des faces planes du galet, est remplacée par du phosphate jaune. Celui-ci n'attaque d'abord la calcite qu'en bordure des grains détritiques, où la ligne de séparation offre sans doute une pénétration plus facile, puis il finit par occuper tout le ciment (fig. 62c).

c) Analyses chimiques

Quelques analyses ont été effectuées sur les roches phosphatées du Dévonien inférieur (tableau d'analyses chimiques 15, analyses 96 à 102). Elles ont toutes confirmé la présence de phosphate, avec des teneurs diverses. Les plus fortes teneurs observées pour la roche elle-même, se trouvent dans le niveau 61 où P_2O_5 atteint 8 à 9 %. Des analyses sur des nodules isolés ont donné des teneurs en P_2O_5 de 17,5 et 20,7 %. Il n'est pas possible de préciser sous quelle forme exacte se trouve ce phosphate. Les caractères microscopiques suggèrent qu'il s'agit d'une forme de *collophane*, minéral auquel on attribue généralement la formule suivante (E. S. DANA, 1950, p. 718) :



On a calculé, sur les tableaux d'analyses, la teneur théorique en $P_2O_5 \cdot 3CaO$; mais l'examen de l'ensemble des analyses, y compris celles qui concernent les nodules phosphatés du Cambro-Ordovicien et du Couvinien inférieur, laisse à penser qu'il pourrait s'agir d'un phosphate plus riche en chaux que le phosphate tricalcique. En effet le pourcentage de CO_2 combiné aux carbonates, qui a été calculé après soustraction du CaO lié au P_2O_5 dans la proportion de 3 pour 1, est parfois supérieur ou presque égal à la perte au feu totale, ne laissant presque pas de possibilité de H_2O^+ .

Il pourrait donc s'agir d'une forme de phosphate plus riche en chaux et moins riche en eau que ne l'admet la formule classique, et qui entrerait dans le cadre de la formule plus générale proposée par A. F. ROGERS (1922, p. 276), reprise par F. J. PETTJOHN (1957, p. 150), et qui s'exprime ainsi :



$$\text{où } 1 < n < 2$$

Malheureusement, la présence d'abondantes et fines impuretés de nature variée à l'intérieur de ce phosphate, rend pratiquement impossible son isolement mécanique et par suite une analyse précise du genre de celle qui a été effectuée sur la glauconie de la série de l'Oumat el Ham.

Cette forme noire et très compacte de phosphate, courante au Paléozoïque, est probablement attribuable à une induration analogue à celle qu'on observe pour la phase argileuse et qui est due à un long essorage au cours des temps. Elle s'oppose aux formes crétacées ou tertiaires plus claires et moins compactes, probablement plus hydratées. Rappelons toutefois que pour L. CAYEUX (1939, p. 70 et p. 97 à 103) la couleur noire des phosphates paléozoïques et notamment ceux du Dinantien des Pyrénées, est due à la présence de carbone. Mais les nodules du Zemmour n'ont jusqu'ici pas montré de traces charbonneuses au microscope.

d) Caractères généraux des niveaux phosphatés et conditions de sédimentation

Au Dévonien inférieur, les niveaux phosphatés sont tous liés à des calcaires lumachelliques, silteux ou gréseux. L'analyse montre toujours une importante phase calcaire. De plus, si ces niveaux peuvent être à la base de sédiments schisteux (argiles et siltstones argileux), on ne rencontre jamais les nodules dans des roches argileuses.

La gangue lumachelique montre souvent des débris d'organismes excessivement roulés, ce qui dénote une forte agitation des eaux lors de sa constitution.

Fait qui n'est que rarement signalé, ici les éléments phosphatés sont très riches en fins débris clastiques (clastiques minéraux, tests organiques).

Ces phosphates sont-ils sous forme de nodules ou de galets ? Cette question mérite qu'on s'y attarde. Rares sont les cas où les éléments présentent une nette stratification, recoupée par leur surface d'usure (Pl. XVII, fig. 2). Mais ils existent, et on doit les appeler des *galets*, puisqu'ils correspondent à des roches stratifiées, consolidées, reprises et usées. La plupart, au contraire, sont caractérisés par des formes molles, avec des rentrants et même des appendices, et par une structure interne massive, sans la moindre stratification. La surface est tout à fait lisse et en section la bordure de l'élément épouse des courbes parfaites (Pl. XVII, fig. 1).

Certaines observations montrent que *lorsqu'ils se sont déposés, ces nodules n'étaient pas encore tous entièrement consolidés*. Par exemple, la fig. 4 de la Pl. XII montre un débris de test de Brachiopode à structure lamellaire parfaitement conservée, qui pénètre à l'intérieur d'un nodule de phosphate silteux. On remarque même que les petits silts de quartz sont repoussés par cette intrusion du corps étranger : ils sont en effet plus nombreux à la périphérie du débris, qu'alentour dans le nodule. Une autre observation, faite à la base du Couvinien (Pl. XVIII, fig. 2), montre un nodule de phosphate aplati entre deux grains de quartz. Cette deuxième observation, qui à elle seule ne serait pas concluante, car on pourrait également l'expliquer par des phénomènes de dissolution du phosphate sous la pression des sédiments, vient corroborer la première.

Tout ceci nous amène à penser qu'il *s'agit généralement de nodules plutôt que de galets*, certains s'étant même déposés dans un état imparfaitement solidifié. Il faut noter cependant l'existence de toute une série d'intermédiaires, du galet au nodule « mou », suivant l'état de consolidation de la roche phosphatée au moment où elle acquit sa forme définitive.

e) Caractère détritique des roches phosphatées constituant les nodules

Généralement les descriptions de nodules phosphatés ne font pas mention d'une telle abondance des clastiques. L. CAYEUX (1939, p. 18; Pl. I, fig. 1) n'en cite que de rares exemples, dans les phosphates cambriens de Suède. J'ai pu observer au microscope les nodules des lydiennes du Dinantien des Pyrénées orientales (P. CAVET, 1957); ils sont constitués par un phosphate dénué de tout clastique. De même, C. W. HAYES (1896), au sujet des phosphates dévoniens du Tennessee, parle de substance amorphe sans clastiques. Toutefois F. J. PETTIJOHN (1957, p. 473-4) signale que « les plus grands » nodules contiennent beaucoup de matière étrangère, y compris des grains de sable, des paillettes « de mica, des débris de coquille et des spicules d'Eponge ». J. J. REED (1952) signale sur le Chatham Rise (Nouvelle-Zélande) des dépôts marins actuels de nodules globuleux qui contiennent des Globigérines et des grains de quartz. Souvent, comme nous l'avons observé pour le Dévonien du Zemmour, le phosphate est limité à la périphérie du grain. Mais la seule description vraiment comparable que je connaisse est celle des nodules phosphatés du Cambrien de Sandomierz (Pologne), due à R. KOZŁOWSKI (1931). Les figurations données par cet auteur sont en tout point semblables aux nôtres.

L'étude de ces clastiques (y compris celle des nodules du Cambro-Ordovicien et du Couvinien) nous a appris que cette phase clastique était un peu différente de celle de la gangue, en général plus fine, mais que la nature des grains et des oolithes n'était toutefois pas indépendante (voir p. 341). Les nodules de phosphate de la base de la Série de l'Oumat el Ham contiennent du microcline comme leur gangue; ceux de l'Emsien, des oolithes de chlorite, comme les roches de cet étage. Ceci exclut donc toute idée d'une reprise par érosion d'une formation plus ancienne, idée qu'invoquent C. W. HAYES et E. O. ULRICH (1903) lorsqu'ils expliquent l'origine des phosphates dévoniens du Tennessee par un remaniement mécanique de ceux de l'Ordovicien. De plus, *pour chaque nodule*, cette phase clastique (quartz, plagioclase, micas, zircon et tourmaline) est le plus souvent très bien classée, mieux que celle de la roche encaissante. En revanche, à l'intérieur d'un même horizon les nodules ont des granulométries très différentes de l'un à l'autre, montrant bien qu'ils ne se sont pas tous formés au même endroit et dans des conditions identiques.

Ceci laisse donc entrevoir des conditions de sédimentation différentes pour la matière des nodules et pour la gangue du conglomérat. Mais les nodules ne sont pas totalement indépendants de cette gangue, comme ce serait le cas pour les galets d'un conglomérat polygénique. L'apport détritique est sensiblement le même, mais il est plus fin et mieux classé pour la roche constituant les nodules. Le milieu et les conditions de sédimentation sont donc légèrement différents, et même variables de nodule à nodule.

Ceci nous amène à penser que *les nodules sont sensiblement contemporains de la gangue, qu'ils sont formés à partir d'un matériel détritique de même provenance, dans un milieu moins agité que celui où se sédimentent gangue et nodules.*

En passant du domaine des observations à celui des hypothèses, on pourrait imaginer que l'apport continental est réparti de façon différente suivant les courants. Dans les zones où le courant est le plus faible, les clastiques sont les plus fins, dans les zones où ils sont plus forts, les clastiques sont plus grossiers, d'où la formation de grès fins, de siltstones et de pélites, suivant la plus ou moins grande force des courants. Des bandes de sédimentation phosphatée, dues peut-être à la biochimie des Algues, comme le pensent L. CAYEUX (1939, p. 102) et G. CHARLES (1952, p. 178), ou tout simplement à une précipitation chimique du phosphate des eaux marines ascendantes (A. V. KAZAKOV, 1937, 1950), alignées suivant certains courants, se formeraient en dehors des zones les plus agitées où sont roulés pêle-mêle coquilles et matériaux détritiques moins bien classés.

Lors des mouvements plus actifs de la mer (variations du fond, etc.), ces zones plus calmes seraient perturbées, la fragile sédimentation pelliculaire silto-phosphatée serait dérangée le plus souvent avant d'être solidifiée, et remise en mouvement. Ceci rendrait compte des formes parfaitement arrondies des nodules, sédimentés au milieu de débris organiques grossiers et de clastiques à granulométrie un peu plus étalée. Les courants joueraient donc un rôle prédominant dans l'élaboration et le classement des matériaux constituant les nodules, et les mouvements tectoniques du fond de la mer (transgression, relèvement des fonds, subsidence), un rôle dans la constitution des nodules et dans leur éparpillement. Ceci rejoint les idées de L. CAYEUX sur l'importance des courants (1950, p. 944) et sur « le rôle capital joué par les ruptures d'équilibre des mers dans la genèse des dépôts phosphatés » (1935b; 1941, p. 20; 1950, p. 938), ainsi que les idées de L. VISSÉ (1952) sur des gisements de nature différente, beaucoup plus importants et beaucoup plus récents, dans le SE algéro-tunisien.

Les nodules phosphatés se seraient donc formés dans un milieu différent du milieu de sédimentation terminal. L'étude des oolithes de chamosite nous avait déjà conduits à une conclusion analogue. Les uns comme les autres sont des indices de mer peu profonde, diversifiée dans le détail (fonds, courants), largement étalée sur le continent (mer épicontinentale), et agitée. F. J. PETT- JOHN (1957, p. 476) a souligné cette convergence des conditions de sédimentation du phosphate et du fer.

En revanche notre étude n'apporte pas grand'chose au délicat problème de l'origine du phosphate lui-même. Il semble raisonnable de penser ici que le lessivage du continent (apatite des granites) peut, comme pour le fer, être la source minérale originelle. Toutefois, il est difficile de préciser sous quelle forme a été précipité ce phosphate et par quels agents. G. CHARLES (1952, p. 178), dans une remarquable mise au point, pense que les Algues ont de tout temps joué un rôle primordial dans cette accumulation du phosphate. Au Cambrien, dans le Zemmour, la présence d'abondantes Lingules aurait pu expliquer cette concentration, comme l'a supposé A. ÖPIK (1928 [1926]) pour les phosphates cambriens d'Esthonie. Mais comme l'ont suggéré L. CAYEUX (1935b, 1950) et G. CHARLES (*op. cit.*, p. 173), il y a là plutôt effet que cause : le pullulement des Lingules ou des Poissons est dû à la richesse du milieu en phosphore, et l'accumulation de leurs dépouilles ne joue qu'un rôle de second plan. Au Zemmour c'est tout au moins le cas pour les gisements dévoniens, où les débris de Brachiopodes inarticulés et de Poissons existent, mais de façon très accessoire, et où les nodules ne semblent pas en étroite relation avec les débris organiques.

Enfin il ne semble pas que les phénomènes de remplacement aient joué un très grand rôle. En effet le phosphate reste localisé dans les nodules et ne constitue qu'exceptionnellement une partie du ciment de la gangue. Toutefois, à l'intérieur des nodules, on a pu observer le remplacement mutuel de la calcite et du phosphate, et le remplacement très probable de la chamosite par le phosphate.

En résumé, les phosphates du Dévonien inférieur du Zemmour sont sous forme de nodules de collophane contenant une très forte quantité de clastiques bien classés. Ils se sont formés dans un milieu qu'on peut imaginer être une mer peu profonde, aux courants variés, et se sont déposés dans un milieu voisin plus agité, parmi des débris de coquilles et un matériel détritique minéral identique mais un peu moins bien classé et généralement plus grossier. Pour L. B. ROUKHINE (1953, p. 373 de la traduction) et A. V. KAZAKOV (1937), ce sont des dépôts de plateformes liés aux transgressions, qu'on rencontre dans les dépressions tectoniques, bien ouvertes sur la mer, mais situées entre les zones de soulèvements et les zones géosynclinales. Remarquons qu'ici le maximum de développement du niveau phosphaté 32 semble lié à un maximum de subsidence du Siegenien inférieur (voir fig. 61).

C. — CARACTÈRES PÉTROGRAPHIQUES GÉNÉRAUX

Toutes les observations pétrographiques effectuées sur les roches du Dévonien inférieur se trouvent rassemblées dans les tableaux stratigraphiques V à IX. Grâce aux données de ces tableaux que l'on comparera entre eux, on pourra déduire les principales caractéristiques de la sédimentation au Dévonien inférieur.

1° *Caractères des clastiques minéraux*

La phase des clastiques minéraux joue un rôle important durant tout le Dévonien inférieur.

a) *Nature des clastiques*

Les *débris de roches* sont rares. Il s'agit d'ailleurs uniquement de chert (niveaux 34, 50, 51 et 53) et de quartzite (49 et 50) assimilables au quartz, et enfin de phosphates grésilo-silteux qui sont, comme nous venons de le voir, des roches bien à part, observées dans les niveaux 32, 42, 44, 50, 52, 60 et 61. La présence de ces débris ne correspond donc pas à des épisodes particulièrement détritiques, annonciateurs des conglomérats.

Le *quartz* est l'élément clastique de loin le plus fréquent. Seule la dalle à Orthocères (40) en est totalement dépourvue. Les seuls niveaux où il est peu fréquent sont les niveaux 35, 38, 42 et 62. Enfin il est particulièrement abondant dans les niveaux 47 à 50, et dans les niveaux 60. Il est enfin le seul minéral clastique des niveaux 44 et 57. Le *microcline* est pratiquement absent de toute la formation. Il n'a été noté que deux fois, dans les lumachelles inférieures (52 et 54). Les *plagioclases*, souvent frais, se rencontrent dans tous les niveaux où les clastiques sont de nature variée, mais ils disparaissent au-dessus du niveau 53. Ils sont toujours en très faible quantité.

Les *micas* (muscovite et biotite) et la *chlorite* sont fréquents, surtout dans les niveaux à clastiques variés. Ils sont abondants notamment dans les niveaux 33, 41, 45, 47 à 50 et 63 à 64, c'est-à-dire dans les siltstones et les grès très fins. Les siltstones micacés sont très courants, mais ne méritent jamais le nom de véritables psammites.

Les *minéraux lourds* sont surtout fréquents dans les niveaux gréseux ou silteux 33, 34, 37, 41, 45, 47 à 50, 52 à 56 et 63 à 65. C'est surtout dans la zone des grès noirs à *Chonetes* qu'ils sont abondants. Tourmaline et zircon dominant, mais on trouve aussi dans ce niveau le rutile, le sphène et des minéraux opaques comme la magnétite.

Enfin on observe très souvent des grains disséminés de *phosphate de chaux* dans les niveaux 33 à 38, 40, 41, 45 et surtout 47 à 50.

Pour faire apparaître les niveaux où la nature des clastiques est la plus variée, on a, dans la partie droite de la fig. 64, établi un graphique selon la méthode suivante : chaque espèce minérale compte pour 3 points si elle est abondante, 2 points si sa fréquence est moyenne, 1 point lorsqu'elle est peu fréquente ou rare. Le total de points obtenus caractérise en quelque sorte la variété en clastiques du niveau. Les niveaux où les clastiques sont les plus variés sont les suivants :

64	Siltstones micacés emsiens.	
52-55	Lumachelles inférieures à <i>Spirifer fallax</i> et <i>Athyris undata</i> .	
50	Grès fins à patine noire à empreintes de <i>Pleurodictyum</i> et <i>Chonetes</i> .	
47-49	Siltstones et grès.	
45	Siltstones calcaires micacés à <i>Spirifer rousseaui</i> et <i>Spirifer trigeri</i> .	
41	Argiles et siltstones	} zone à <i>Uncinulus oehlerti</i>
36-37	Argiles et siltstones	
33	Argiles et siltstones	

Les siltstones sont donc les niveaux les plus riches en clastiques de nature différente. Il faut noter de plus la variété des clastiques dans les lumachelles inférieures, sous la zone des Monstres. Les dalles calcaires du Siegenien, les lumachelles supérieures (57 à 59) et les grès de Khang Lejouad (60), sont les niveaux où les clastiques sont les moins variés. Les grès de Khang Lejouad, une fois de plus, se singularisent.

b) Granulométrie

Dans l'ensemble du Dévonien inférieur, le grain ne dépasse jamais 1 000 μ , et encore les grains entre 500 et 1 000 μ sont-ils excessivement rares et n'ont été observés qu'une fois, à Tighirt, dans le conglomérat à nodules phosphatés. Les grains dépassant 200 μ n'apparaissent qu'avec les lumachelles inférieures (52) et sont d'ailleurs l'exception, sauf dans les grès particuliers de Khang Lejouad (60). On peut donc dire que le Dévonien inférieur est caractérisé, à ces exceptions près qui concernent des grains de taille maximale, par une granulométrie fine inférieure à 200 μ .

Sur la figure 64, en regard du log stratigraphique (épaisseurs à Khang Lejouad), on a porté les variations de la granulométrie des grains moyens pour chaque niveau. Il apparaît tout de suite que si l'on excepte le faciès particulier (60) de Khang Lejouad, la granulométrie moyenne :

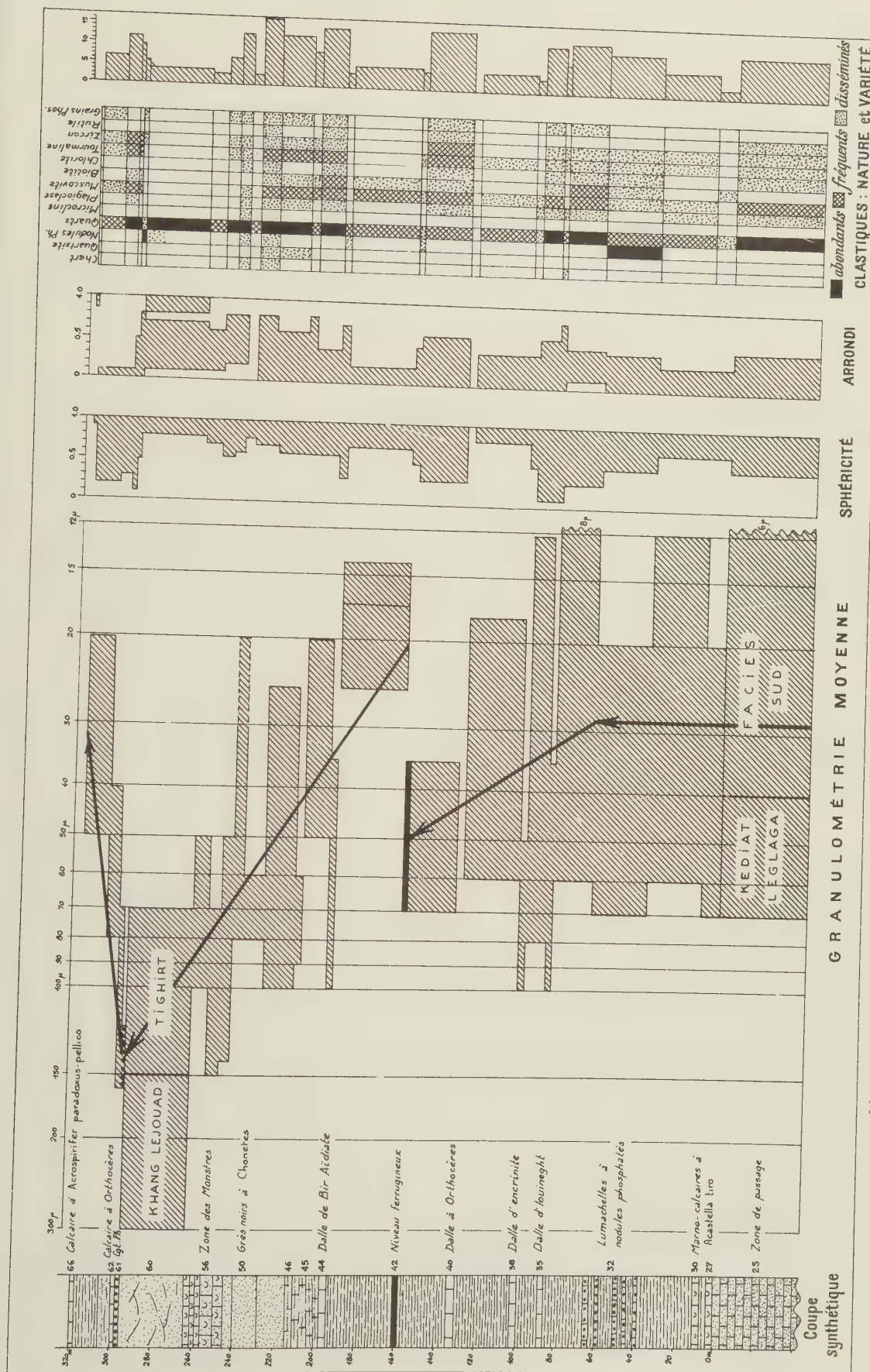
- ne dépasse 70 μ qu'à partir de la première grande dalle lumachellique (34);
- ne dépasse 100 μ qu'à partir des lumachelles à *Spirifer fallax* (52);
- ne dépasse jamais 160 μ .

La granulométrie moyenne a donc tendance à augmenter depuis le Gedinnien jusqu'aux grès 60. Cette tendance se renverse au-dessus, du niveau 61 au niveau 66, c'est-à-dire à l'Emsien.

De plus, ce graphique nous montre que le niveau ferrugineux 42 et le niveau conglomératique à nodules phosphatés 61 correspondent à de brusques changements dans la granulométrie : depuis les conglomérats phosphatés du niveau 32 jusqu'au niveau ferrugineux 42, la séquence est « négative », on constate une augmentation progressive du grain. Après ce niveau ferrugineux, la granulométrie fait un brusque saut en arrière, revient à 20 μ . Elle augmente ensuite régulièrement jusqu'aux grès de Tighirt, suivant une deuxième séquence négative. Enfin, à partir du conglomérat phosphaté 61, débute une série positive normale qui aboutit, dans la région d'Aidiata tout au moins, au calcaire sans clastiques à *Spirifer pellico* (66).

Le niveau ferrugineux correspond donc à un changement brusque dans le rythme de la sédimentation. Or le tableau stratigraphique VI nous montre que dans ce niveau certains échantillons possèdent la même granulométrie que le niveau sous-jacent, tandis que d'autres sont totalement dépourvus de clastiques. Cette remarque confirme le rôle de limite brutale qu'il faut conférer au niveau ferrugineux. Elle est peut-être l'explication de la lacune du niveau 43 observée dans la région sud. En résumé, une grande discontinuité se manifeste dans la sédimentation détritique à la hauteur du niveau ferrugineux 42.

Bien que cela n'apparaisse pas évident sur le terrain, il serait donc plus logique d'arrêter la zone des lumachelles à *Uncinulus oehlerti* avec le niveau 41, et de placer le niveau 43 à la base de la zone à *Spirifer rousseaui*, car cette discontinuité, soulignée par un épisode marin ferrugineux, peut correspondre à une certaine interruption dans la sédimentation. Cette idée ne m'étant apparue qu'après réalisation des tableaux stratigraphiques et des cartes géologiques, le niveau argileux 43 y est rattaché à la zone à *Uncinulus oehlerti*, mais il serait plus rationnel de le grouper avec la zone à *Spirifer trigeri*, puisqu'en l'absence de faune, aucune raison paléontologique n'autorise à le rattacher à une zone plutôt qu'à l'autre. La sédimentation argileuse aurait repris plus tôt au Nord qu'au Sud (voir l'essai de corrélation, fig. 61).



Variations des caractères de la phase clastique au cours du Dévonien inférieur

Par ailleurs, le niveau **61** correspond à un renversement de séquence : on passe sur quelques centimètres de puissance, d'une séquence négative à une séquence positive. De telles séquences négatives peuvent indiquer d'après A. LOMBARD (1956, p. 284) « la fermeture d'un bassin, ou une régression, un retour de détritiques et la fin d'un régime marin ».

Il faut également noter que, dans le détail, les dalles lumachelliques correspondent à des épisodes particuliers, où les clastiques sont moins abondants mais plus grossiers. Ces épisodes interrompent la monotonie de la sédimentation argilo-silteuse (voir graphique granulométrie, fig. 64). Remarquons enfin que les lumachelles à *Spirifer fallax* montrent, au milieu de la grande séquence négative, une séquence positive : vers le haut, la granulométrie diminue, les clastiques sont moins abondants et moins variés.

c) Morphoscopie

Les valeurs moyennes de l'arrondi et de la sphéricité, indiquées par les tableaux stratigraphiques V à IX, ont été regroupées dans la figure 64 en regard de la granulométrie et du log stratigraphique. On peut faire les remarques suivantes :

Au-dessous du niveau **42**, l'arrondi est faible à moyen (0,1 à 0,6). Immédiatement au-dessus, l'arrondi est très faible, ce qui est normal dans un niveau de granulométrie très fine, puis il augmente régulièrement, tout au cours de la séquence négative **42** à **60**. Les grains sont particulièrement usés dans les grès noirs à *Chonetes* et dans les lumachelles à *Spirifer fallax*. Le niveau gréseux particulier de Khang Lejouad semble constitué par un matériel éolien à très forte usure et forte sphéricité. Enfin l'arrondi diminue rapidement dans la séquence positive emsienne, à partir du niveau **61**.

2° Caractères de la phase argileuse

Mis à part la sédimentation à montmorillonite du Gedinnien, précédemment étudiée, la phase argileuse du Dévonien inférieur semble bien de nature purement détritique. Les analyses aux rayons X ont donné les résultats suivants :

			Illite	Chlorite	Kaolinite
EMSIE	65	Argiles micacées	100	—	—
	64	Siltstones micacés	90	10	—
SIEGENIEN SUPÉRIEUR	58	Lumachelles supérieures à <i>Trigéria</i>	80	20	—
	49	Grès à <i>Chonetes</i> et siltstones	100	tr.	—
	47		90	10	—
	45	Siltstones à <i>Spirifer trigeri</i>	90	10	—
SIEGENIEN INFÉRIEUR	43	Argiles et pélites	60	10	30
	43	Argiles et pélites	60	10	30
	42	Niveau ferrugineux oolithique	20	80	—
	41	Siltstones	70	20	10
	39	Argiles	70	—	30
	36	Argiles	70	—	30
	33	Argiles et siltstones	80	—	20
	32	Niveau conglomératique phosphaté	70	30	—

TABLEAU n° 25

Proportions des différents minéraux argileux dans la phase argileuse des niveaux du Dévonien inférieur.

Les 80 % de chlorite du niveau ferrugineux s'expliquent par la présence des chlorites de fer (chamosite). Ce niveau particulier mis de côté, on remarquera que la sédimentation argileuse est particulièrement kaolinique dans le Siegenien argileux. En revanche avec le Siegenien gréseux, la kaolinite disparaît; l'illite, et en plus faible quantité la chlorite, sont les seuls minéraux argileux relevés. Ces caractères de la phase argileuse sont en accord avec ceux de la phase clastique : ils s'expliquent par un cachet de plus en plus détritique de la série vers le haut.

De même l'apparition de la chlorite au détriment de la kaolinite dans le niveau **41**, au-dessous du niveau ferrugineux, correspond bien à la partie la plus grossière de la première séquence négative.

3° Caractères de la phase chimique et chimico-organique

Les sédiments d'origine chimique semblent rares dans cette série. Il s'agit surtout de calcaires lumachelliques. La *calcite* provient des tests et il est difficile de dire la part qui, dans le ciment, est véritablement un dépôt chimique primaire. Une grande partie de la calcite du ciment provient probablement de la remise en mouvement d'une partie de la calcite organique. De même, on a montré que les roches dolomitiques rencontrées dans les régions plissées étaient d'origine secondaire (tectonique, paléosurface d'érosion, etc.). On ne rencontre pas de sédimentation dolomitique primaire.

Parmi les lumachelles calcaires, la plus riche en calcite est la lumachelle calcaire à Orthocères du niveau **40** (96,5 à 98,6 % de carbonates et 92,6 à 96,2 % de calcite). Viennent ensuite l'encrinite **38** et la dalle d'Iouineght avec 94 à 98 % de carbonates et 90 à 94 % de calcite. Ces dalles sont pauvres en dolomite (2 à 4 %). Les niveaux vraiment calcaires n'offrent pas une grande puissance au total. Ils se présentent comme des interruptions dans la sédimentation argileuse puis gréseuse.

Par rapport au Gotlandien, le fer prend de l'importance au Dévonien inférieur. Ceci se manifeste d'ailleurs par la couleur des roches qui acquièrent en surface des nuances violacées, brunes, rouge vin, etc. Le fer se trouve sous plusieurs formes : hématite, goethite et chlorites de fer (chamosite). Le niveau **42** constitue de véritables minerais avec 30 à 36 % de fer métal. La lumachelle **44** est également riche en fer, sous forme de concrétions d'hématite. La chlorite sous forme de fines oolithes allongées apparaît au niveau **42** et se retrouve surtout dans les lumachelles à *Spirifer fallax*. Au cours de la diagénèse, les oxydes ou hydroxydes semblent se concentrer en grains puis en concrétions.

Cet enrichissement en fer de la série, qui fait sa première apparition au niveau **32**, n'est pas en rapport avec des phénomènes de surface, car dans les mêmes conditions d'affleurement, le Gotlandien n'est pas ferrugineux. Cette richesse relative en fer date par conséquent de la sédimentation. Toutefois elle peut s'accroître postérieurement dans les zones plissées où la goethite envahit les grès, remplace la calcite et forme des concentrations stalactiformes dans les cavités des failles.

Enfin le *phosphate* existe en petite quantité dans beaucoup de niveaux, et en particulier dans les niveaux **32** et **61**, sous forme de nodules gréso-silteux. Si l'on se range aux théories de A. V. KAZAKOV (1937, 1950), ce phosphate aurait une origine purement chimique; pour G. CHARLES (1953) au contraire, une origine biochimique (action des Algues).

Nos observations tendent à montrer que fer et phosphate sont dus à des conditions de milieu très semblables. *Oolithes de chamosite et nodules de phosphate ont dû se former en dehors du lieu de sédimentation dans un milieu agité, peu profond, où les courants ont eu un rôle prépondérant* (« milieu générateur » de A. BONTE, 1941).

4° Caractères des clastiques organiques

Le Dévonien inférieur est très riche en débris organiques calcaires, sauf les niveaux argileux et certains siltstones. (Au contraire, au Dévonien moyen, les faunes sont abondantes dans les argiles et les marnes, ce qui explique leur meilleur état de conservation). Pour le détail de la répartition de ces débris par niveaux (groupes représentés et abondance), on se reportera à la colonne « clastiques organiques » des tableaux stratigraphiques V à IX.

Dans l'ensemble, les débris de Brachiopodes dominant, principalement dans les dalles lumachelliques, suivis de ceux de Crinoïdes, de Trilobites et d'Ostracodes. Ceux de Spirifers apparaissent brusquement avec la dalle 44 de Bir Aïdiat. Les débris de Trilobites sont surtout abondants dans le niveau phosphaté 32, dans la dalle de Bir Aïdiat 44, et dans les lumachelles 52 et 57. Ceux de Crinoïdes sont particulièrement fréquents dans les niveaux 32, 35, 40, 44 et 66. Les dalles 38 et 39 bis sont de véritables encrinites (Pl. XIII, fig. 4). Les Ostracodes sont fréquents dans toute la zone à *Uncinulus oehlerti*, y compris les niveaux silto-argileux, et, d'autre part, dans la zone des Monstres et dans l'Emsien.

Les Bryozoaires font une brusque apparition au niveau 32 où ils sont fréquents. Ils sont très abondants au niveau 35 (dalle d'Iouineght) (Pl. XIII, fig. 2 et 3); on les retrouve dans la dalle de Bir Aïdiat et ensuite un peu partout, mais plus rares, dans le reste de la série. Les Polypiers sont encore assez rares et s'observent accessoirement dans la dalle de Bir Aïdiat, dans la zone des Monstres, et dans la lumachelle à *Spirifer pellico* des Oudeï Askaf.

Les Orthocères se rencontrent dans l'encrinite 38, mais surtout dans la « dalle à Orthocères » 40 (Pl. XIII, fig. 5). On ne les retrouve plus guère ensuite que dans le calcaire cristallin 62 de l'Emsien. Les Tentaculites sont assez fréquents, notamment dans les niveaux 32, 44 et 52.

Les débris en phosphate de chaux de Lingulidés se rencontrent un peu partout, très disséminés, mais plus particulièrement dans les dalles à encrines 38, 39 bis et 40. Les spicules siliceux (éponges ?) se rencontrent notamment dans les grès à *Chonetes* (47 à 50).

Le Dévonien inférieur se caractérise donc par l'apparition ou le développement de plusieurs groupes, à partir du Gedinnien : les Trilobites, les Bryozoaires et les Tentaculites. Les débris de tests occupent une grande place dans la constitution des roches calcaires : grandes dalles du Siegenien inférieur, lumachelles gréseuses du Siegenien supérieur, lumachelle de l'Emsien.

5° Microfaciès

Les planches XII à XVII, dont les figures sont disposées dans l'ordre stratigraphique, donnent un bon aperçu des différents microfaciès du Dévonien inférieur, parmi lesquels les principaux sont les suivants :

- Encrinites et calcaires crinoïdiques (niveaux 38, 39 bis).
 - Calcaires crinoïdiques à Orthocères (40, 62).
 - Calcaires lumachelliques (35, 44, 66), parfois ferrugineux (42, 44).
 - Calcaires lumachelliques silteux ou gréseux (46), parfois à nodules phosphatés (32), parfois à oolites de chamosite (56, 57, 59).
 - Grès fins et siltstones calcaires lumachelliques (45), parfois à oolites de chamosite (53 à 56).
 - Grès fins et siltstones à spicules siliceux (47 à 50).
- } à rares débris de Lingulidés en phosphate de chaux.
- } à abondants débris de Bryozoaires, Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes et Crinoïdes.

On pourrait encore distinguer, parmi les lumachelles, celles où les débris sont très usés (42, 44 et 57), et celles où les débris sont au contraire peu usés et les fossiles entiers très nombreux (56 et 66).

Dans les zones plissées de l'Ouest, la dolomitisation des calcaires et la quartzitisation des grès calcaires tend à oblitérer les microfaciès dans des stades intermédiaires de calcaires dolomitiques et de grauwackes*, puis à les effacer totalement en aboutissant à des roches plus uniformes : les dolomies et les quartzites.

(*) Au sens ardennais du mot.

D. — CONDITIONS DE SÉDIMENTATION

D'une façon générale, *la sédimentation au Dévonien inférieur est à dominance argileuse jusqu'au niveau 43, puis à dominance gréseuse*. Cependant c'est une *sédimentation variée* comprenant de nombreux faciès dont nous n'avons pu étudier que les principaux.

La sédimentation argileuse de la partie inférieure est interrompue plusieurs fois par des épisodes lumachelliques. Ces dalles calcaires ont une remarquable constance dans toute la bordure orientale du Zemmour, tant par leur puissance que par leur composition chimique. Ces caractères : stratification régulière, constance des bancs calcaires à faune marine, sont l'indice d'une sédimentation marine régulière. L'apport détritique du continent est fin, il donne dans cette zone des vases finement silteuses et micacées qui s'accumulent régulièrement.

Les lumachelles correspondent à des conditions différentes, qui interrompent la monotonie de la sédimentation des vases. La vie des Invertébrés devient tout à coup florissante, alors que la sédimentation détritique s'estompe brusquement. Les débris s'accumulent, peu roulés. C'est une sédimentation marine calme et régulière, avec apports détritiques fins et épisodes d'accumulation de coquilles.

La granulométrie augmente vers le haut, indiquant une légère tendance de la série à la régression. De plus, bien que ceci n'ait pas été étudié dans le détail, il est certain que les dalles lumachelliques s'épaississent vers l'Ouest.

Avec le niveau 42, apparaissent brusquement d'abondantes oolites de chamosite. Une précipitation chimique s'ajoute à la sédimentation détritique. C'est là la ligne de séparation entre les deux séquences négatives que nous avons définies (fig. 64). Après cette sorte de coupure ou diastem, un deuxième cycle de sédimentation débute par des argiles détritiques fines. Là encore la séquence est négative et révèle un caractère régressif de la série : argiles, siltstones, grès fins, grès lumachelliques, puis grès. La régression est plus marquée au Nord, où les grès 60 deviennent beaucoup plus grossiers.

A partir du niveau 61, s'établit une séquence de sédimentation positive qui débute par le niveau à nodules phosphatés, se poursuit par des sédiments détritiques de plus en plus fins et se termine par une lumachelle calcaire sans clastiques.

La sédimentation au Siegenien est donc marquée par une tendance régressive que caractérisent des matériaux de plus en plus littoraux. Il semble bien que la sédimentation n'ait pas été continue. Le niveau 42 ferrugineux est une coupure nette. Les dépôts chimiques de ce niveau s'accompagnent d'un arrêt de la sédimentation détritique. Celle-ci reprend ensuite, devenant de plus en plus grossière. Mais il est possible qu'elle ne démarre pas partout au même moment (lacune des argiles 43 au Sud).

A l'Emsien, la sédimentation prend au contraire un cachet transgressif. Elle débute par le conglomérat phosphaté, qui peut là être interprété comme l'amorce d'une transgression (I. GOLDMAN, 1921).

Ceci prouve que la sédimentation n'est pas régulière au cours du Dévonien inférieur. Les rivages ont tendance à gagner sur la mer; des coupures montrent la *discontinuité de la sédimentation* : W.H. TWENHOFEL (1950, p. 273) écrit : « Plus tard, on s'est aperçu plus nettement que le dépôt de sédiments continents ou d'eau marine peu profonde est probablement plus souvent discontinu que le contraire, et que les coupures stratigraphiques dans la série stratigraphique peuvent représenter un temps plus long que celui qui est représenté par les roches sédimentaires ». H. WHEELER (1958) s'attache de même à souligner l'importance des lacunes (hiatus) souvent négligées dans la litho- et la chronostratigraphie. L'explication de la rareté des faunes emsiennes dans la séquence du Dévonien inférieur est à rechercher dans ces interruptions de la sédimentation, probablement beaucoup plus importantes que l'on ne l'imagine généralement.

Dans toute la série, et surtout vers le haut, la phase des clastiques (minéraux et tests) est largement dominante. De plus, la sédimentation est caractérisée par la présence de *nodules de*

phosphate et d'oolithes de chamosite. Nous pensons que les uns comme les autres se sont formés en dehors du milieu de sédimentation, dans des milieux un peu différents, soumis à l'action de courants diversifiés.

La phase chimique de ces dépôts est pauvre et se résout à un peu de phosphate, un peu de calcite difficile à distinguer de la calcite organique, et éventuellement des chlorites ferrifères. *Il s'agit donc de dépôts phosphatés en régime de pauvreté chimique*, associés à des dépôts détritiques de grès et d'argiles. L. CAYEUX (1939, p. 104) constate le caractère très général de cette faible teneur des phosphates paléozoïques. Ce type s'oppose au type des phosphates tertiaires (Afrique du Nord, Sénégal, Soudan, Dahomey, Togo) formés dans un environnement riche en minéraux d'origine chimique, aux premiers rangs desquels viennent, en plus du phosphate, la calcite, la silice, la glauconie et les phyllites magnésiennes (montmorillonite, attapulgite) (voir note de M. SLANSKY, Th. CAMEZ et G. MILLOT, 1959).

D'après A. V. KAZAKOV, les phosphates en nodules, caractérisés par une teneur en P_2O_5 assez faible et par leur association avec des minéraux détritiques, constituent un *faciès de plateforme*, s'opposant au faciès des phosphates de géosynclinaux. Il s'agit des sous-formations glauconito-phosphoritées de L. B. ROUKHINE, que cet auteur classe dans les « formations prenant naissance par régime tectonique de plate-formes ». Ce genre de formation se trouve dans les dépressions largement ouvertes sur l'océan et dans des zones de transgression. Les niveaux phosphatés n'y présentent généralement pas une teneur d'intérêt économique.

L'abondance de la phase déritique, l'usure des tests dans certaines lumachelles, la présence des oolithes et des nodules de phosphates silteux, la pauvreté de la phase chimique, en particulier des carbonates précipités (absence des marnes), sont tous des indices de mer agitée, aérée, largement ouverte sur l'océan, mais peu profonde.

La variété des faciès et l'abondance des débris de fossiles indiquent des dépôts de plateforme péricontinentale sur laquelle la mer s'avance et recule de nombreuses fois, avec une tendance marquée à la régression jusqu'au niveau 60 (qui devient peut-être même continental au Nord du 26° parallèle), et une tendance au contraire transgressive ensuite.

L'épaisseur croissante du Siegenien vers l'Ouest laisse à penser que ces mouvements d'allées et venues de la mer devaient se faire perpendiculairement à l'axe du bassin, c'est-à-dire grossièrement WNW-ESE, et confirme l'idée d'un bassin, à cette époque, largement ouvert sur la mer.

CHAPITRE III

ÉTUDE PALÉONTOLOGIQUE

En dehors de la faune du Gedinnien qui a été étudiée précédemment, la faune du Dévonien inférieur comporte plusieurs associations intéressantes qui caractérisent surtout le Siegenien. En règle générale, les fossiles sont réduits à l'état de fins débris et les argiles sont stériles. C'est pourquoi la faune du Dévonien inférieur n'a pas la richesse de celle du Dévonien moyen. Toutefois on trouve des faunes assez bien conservées dans certaines lumachelles et des empreintes dans les faciès gréseux.

A. — LES ASSOCIATIONS DE FAUNES ET LES NIVEAUX CARACTÉRISTIQUES

En général, les faunes sont pauvres en espèces et sont souvent insuffisantes pour donner un âge très précis. Les niveaux qui nous paraissent les plus caractéristiques sont les suivants, de haut en bas :

- 66 Calcaire lumachellique à *Spirifer* sp. e. g. *paradoxus-pellico* et *Uncinulus kayseri*.
- 56 Zone des Monstres à *Spirifer primaevus-fallax* et *Straelenia papilio* var. *zemmourensis*.
- 44 à 46 Zone des lumachelles, grès et siltstones à *Spirifer* sp. e. g. *rousseaui*, *Spirifer* sp. e. g. *trigeri*, *Spirifer bischofi* et *Athyris undata*.
- 33 à 43 (notamment 35) — Zone des lumachelles à *Uncinulus oehlerti*.

Dans les tableaux stratigraphiques V à IX, toutes les espèces sont citées dans le niveau précis où elles ont été rencontrées. Il ne sera donc pas nécessaire de répéter ici toutes ces associations qui sont souvent constituées d'espèces banales à large extension verticale.

1° Les lumachelles de Brachiopodes à nodules phosphatés (Niveau 32)

Bien que très riches en débris de Brachiopodes, Trilobites, Crinoïdes et Tentaculites, les lumachelles à nodules phosphatés sont pauvres en espèces déterminables; il s'agit d'une faune banale : BRYOZOAIRES; TRILOBITES : *Homalonotus* sp.; BRACHIOPODES : *Athyris* sp., « *Orthis* » sp., *Chonetes* sp.

Cette faune ne permet pas de préciser de limite entre le Gedinnien (inférieur probable) et le Siegenien. La limite du Gedinnien n'a donc pas été fixée exactement, ni sur les tableaux strati-

graphiques, ni dans la légende de la carte géologique au 50 000°. Ces lumachelles ont été placées provisoirement dans une zone à part.

2° La zone des lumachelles à *Uncinulus oehlerti* (Niveaux 33 à 43)

Dans toutes les dalles calcaires de cette zone, à partir de la dalle d'Iouineght (35), on trouve une Rhynchonelle bien caractéristique localement, *Uncinulus oehlerti* BAYLE.

Vers la base, la lumachelle 34 a livré la faune suivante : BRACHIOPODES : cf. *Hysterolites hystericus* SCHLOTH., *Camarotoechia* cf. *nympha* (BARRANDE), *Schuchertella* cf. *umbracula* (SCHLOTH.).

La lumachelle 35 (dalle d'Iouineght) possède la faune suivante : BRACHIOPODES : *Spirifer* sp. (Pl. XXXII, fig. 5), *Dielasma* sp., *D.* sp. ? (Pl. XXXII, fig. 6), *Athyris* sp., *Uncinulus oehlerti* BAYLE, *Camarotoechia* cf. *nympha* (BARRANDE), *C.* sp., « *Orthis* » sp., *Isorthis* sp., *Aulacella* sp., *Stropheodonta* sp., *Schuchertella* cf. *umbracula* (SCHLOTH.); GASTEROPODES : *Ptychosphaera constricta* (BARR.) PERNER.

L'encrinite 38 contient une faune de petite taille où l'on retrouve certaines des espèces précédentes.

La dalle 40, riche en Orthocères, comporte encore une faune analogue :

BRACHIOPODES : *Athyris* sp., *Uncinulus oehlerti* BAYLE, « *Orthis* » sp. 1, « *O.* » sp. 2, *Schizophoria* sp., *Stropheodonta* sp.; CEPHALOPODES : *Orthoceras* sp.; EOPTEROPODES : *Tentaculites* sp.

Le niveau ferrugineux 42 ne comporte pas de faune déterminable. La lumachelle 44 (dalle de Bir Aïdiate) ne contient plus *Uncinulus oehlerti*. Donc, au Zemmour, la répartition verticale actuellement connue de cette espèce va du niveau 35 au niveau 40. Pour des raisons cartographiques, nous avons étendu la zone à *U. oehlerti* au niveau 43. Toutefois l'étude sédimentologique a montré postérieurement qu'une coupure serait plus logique au niveau ferrugineux 42.

Uncinulus oehlerti BAYLE, 1878

[= *U. eucharis* (BARRANDE, 1879) *sensu* LE MAITRE, 1952]

Pl. XXXII, fig. 7 à 9 Niveaux 28 ?, 29 ?, 35, 38 et 40

On trouvera des figurations de ce fossile, que nous avons choisi pour définir la zone, dans :

BAYLE, 1878, Pl. XI, fig. 17-20.

BARRANDE, 1879, Pl. XXVI, fig. 4; Pl. XXXI, fig. 15-19; Pl. LXXXIII, fig. 2.

G. et H. TERMIER, 1950, Pl. XCVI, fig. 12-14.

D. LE MAITRE, 1952a, Pl. XXI, fig. 32-34.

Les exemplaires figurés proviennent de la dalle d'Iouineght 35 (fig. 7-8) et de la dalle à Orthocères 40 (fig. 9).

Cette espèce est connue en Bretagne et dans le F2 de Bohême (J. BARRANDE, 1879). Au Maroc, G. et H. TERMIER (1950) la cite dans le Dévonien inférieur de la Chaouïa nord et de l'Anti-Atlas; dans le Sud-algérien, D. LE MAITRE (1952a, p. 114) la signale dans le Siegenien inférieur des chaînes d'Ougarta.

Camarotoechia cf. *nympha* (BARRANDE, 1879)

Niveaux 34, 35, 45 et 69

Cette espèce est connue dans le F2 de Bohême et ses équivalents de Podolie et de l'Oural; dans le Coblencien du Harz. D'après G. et H. TERMIER, elle existe dans l'Emsien du Tafilelt. Au Sahara occidental, D. LE MAITRE la signale dans le Siegenien inférieur d'Ougarta, à El Kseib.

Ptychosphaera constricta (BARR.) PERNER, 1903

Pl. XXXI, fig. 5

Niveaux 27 et 35

En Bohême, c'est une espèce du Ludlow E2. Au Maroc, elle est connue dans le Siegenien de la région d'Icht.

Par comparaison avec la Saoura (D. LE MAITRE, 1952a), l'association *U. oehlerti* et *C.* cf. *nympha* peut faire penser que cette zone appartient au Siegenien inférieur. Localement celle-ci est caractérisée par la grande rareté des *Spirifers*, critère utile pour différencier dans la région plissée la

dalle d'Iouineght de celle de Bir Aïdiat, toutes deux pétrographiquement très semblables. La plupart des espèces de cette zone ne sont pas déterminables spécifiquement; d'autres sont banales et ont une grande extension verticale.

3° La zone à *Spirifer* sp. e. g. *rousseai* et *Spirifer* sp. e. g. *trigeri* (Niveaux 44 à 46)

Cette zone, au contraire, est caractérisée par l'abondance des *Spirifers*, répartis en trois niveaux de faciès différents (Pl. XXXII et XXXIII) :

La grande dalle rousse de Bir Aïdiat (44) dans laquelle on rencontre la faune suivante :

COELENTERES : *Favosites* sp. e. g. *gothlandicus* LAMARCK, *Pleurodictyum* sp. e. g. *selcanum* ? GIEBEL; BRACHIOPODES : *Acrospirifer* sp. e. g. *rousseai* (ROUAULT), *Costispirifer* sp. e. g. *trigeri* (DE VERNEUIL), cf. *Spirifer* sp. e. g. *bischofi* ROEMER, cf. *Hysterolites hystericus* SCHLOTHEIM, *Athyris undata* (DEFRANCE), A. sp., *Uncinulus imperator* BAYLE, *Camarotoechia* sp., *Stropheodonta* sp.; TRILOBITES : *Asteropyge* sp.

Les siltstones argilo-calcaires micacés verts (45), qui ont livré :

BRACHIOPODES : *Acrospirifer* sp. e. g. *rousseai* (ROUAULT), *Costispirifer* sp. e. g. *trigeri* (DE VERNEUIL), *Spirifer bischofi* ROEMER, « *Dielasma* » sp., *Athyris undata* (DEFRANCE), A. cf. *concentrica* (MURCH.), *Anathyris* sp. e. g. *ezquerrai* (DE VERN. et D'ARCH.), « *Trigeria* » sp., *Camarotoechia* cf. *nympha* (BARR.), *Schizophoria* sp., *Rhipidomella* sp., « *Orthis* » sp., *Schuchertella* sp., *Chonetes* sp. e. g. *plebeia* SCHNUR, Ch. sp. e. g. *tenuicostata* OEHLERT.

Le calcaire gréseux lumachellique (46) où l'on trouve :

COELENTERES : *Tryplasma* sp., ? *Maurenia arborescens* LE MAITRE; BRACHIOPODES : *Acrospirifer* sp. e. g. *rousseai* (ROUAULT), *Costispirifer trigeri* (DE VERN.), C. sp. e. g. *trigeri* (DE VERN.), cf. *Meganteris archiaci* (DE VERN.), *Athyris undata* (DEFRANCE), A. sp., *Rhipidomella* sp. ?, *Stropheodonta* sp., *Schuchertella* sp.

Dans cette zone, la faune est donc plus riche et bien caractérisée par une association de plusieurs *Spirifers*. On y trouve aussi quelques *Polypiers*.

? *Maurenia arborescens* LE MAITRE, 1957

Pl. XXXIII, fig. 1

Niveau 46

Il s'agit d'un *Polypier* Tabulé à structure acanthinée nouveau, du Couvinien inférieur d'El Kseib (région d'Ougarta). Son extension verticale n'est donc pas encore bien connue.

cf. *Hysterolites hystericus* SCHLOTHEIM, 1820

Niveaux 34 et 44

En Europe, cette espèce est connue dans le Siegenien de l'Ouest de la France (calcaire d'Angers), de l'Ardenne, des Asturies et des Pyrénées.

En Afrique, elle est connue en de nombreux points : H. TERMIER (1936, t. I, p. 311), puis G. et H. TERMIER (1950, II, p. 77) la signalent dans le Hunsrückien (Siegenien sup.) au Maroc central, dans la Chaouïa nord, et dans le Siegenien (p. 206) du Sud du synclinal de Tindouf. Dans la Saoura, D. LE MAITRE (1952a, p. 121) la signale également dans le Siegenien (El Kseib, Erg Djemel) et plus rarement dans l'Emsien inférieur (km 30); elle se retrouve dans les grès d'Aouinet Zbel, à Safiet Tamga, dans le Siegenien de l'Adrar mauritanien (D. LE MAITRE, 1952c, p. 308). C'est donc surtout une espèce siegenienne, mais qui peut monter dans l'Emsien.

Acrospirifer sp. e. g. *rousseai* (ROUAULT, 1846)

Pl. XXXII, fig. 17-18;

Niveaux 44,

Pl. XXXIII, fig. 3

45 et 46

Cette espèce siegenienne est bien connue dans le Massif armoricain, dans le Cotentin (synclinal de Néhou) et dans le Léon espagnol.

Elle est très répandue en Afrique du Nord, où elle est signalée par de nombreux auteurs : L. GENTIL au Maroc; G. et H. TERMIER (1950, II, p. 78) (coll. P. GEVIN) sur le bord sud du synclinal de Tindouf, dans le Siegenien; J. FOLLOT (1952a, p. 23 et 26), dans l'Adrar Ahnet; et D. LE MAITRE (1952a, p. 132) dans le

Siegenien de la région d'Ougarta (Erg Djemel, El Kseib), où il « contribue à la formation de bancs calcaires gréseux à *Athyris undata* et *Spirifer trigeri* du Siegenien inférieur ». Elle est également signalée dans l'Adrar mauritanien, au Sud du Tamga, dans le Siegenien (D. LE MAITRE, 1952c, p. 308). C'est une espèce nettement siegenienne.

Au Zemmour elle est abondante dans les niveaux 44 à 46, mais s'y trouve semble-t-il cantonnée.

Costispirifer trigeri (DE VERNEUIL, 1850)

Pl. XXXII, fig. 13-14; Niveaux 44, 45,
Pl. XXXIII, fig. 5 46, 48 et 57 ?

Cette espèce est connue en de nombreux points d'Europe : dans le Massif armoricain (synclinaux de Néhou et d'Angers), dans l'Ardenne et le Massif schisteux rhénan, dans les Asturies et le Léon et dans le Coblencien d'Asie mineure.

En Afrique, elle est connue au Maroc, dans la Chaouïa sud (G. et H. TERMIER, 1950, II, p. 83) et à Hacı Remlia (Tafilalet) (D. LE MAITRE, 1944, p. 58); dans la Saoura (D. LE MAITRE, 1952a, p. 129), où elle occupe tout le Siegenien, sans monter dans l'Emsien comme c'est le cas dans le Massif armoricain et l'Ardenne.

Au Zemmour, on la trouve associée à *A. rousseaui* dans les niveaux 44 à 46, mais elle monte un peu plus haut, puisqu'on la rencontre encore dans la lumachelle 48, et que dans le niveau 57 on observe encore une forme voisine. Ce *Spirifer* est notamment très abondant dans la dalle de Bir Aïdiat (44).

Spirifer bischoffi ROEMER, 1858

Pl. XXXII, fig. 15 Niveaux 45 et 47

En Europe, ce *Spirifer* est connu dans le Siegenien de l'Ardenne, du Harz et du Kellerwald. Au Tonkin, on le rencontre également dans le Siegenien.

En Afrique, il est signalé dans le Siegenien de l'Anti-Atlas (G. CHUBERT, 1952a, p. 123), du Maroc central (H. TERMIER, 1936, t. I, p. 310), dans le Siegenien supérieur du rebord sud du synclinal de Tindouf (P. GEVIN, 1948, p. 372; 1960 [1958], p. 115), associé à *Sp. fallax* et *Sp. primaevus*; dans les Monts d'Ougarta (Erg Djemel) (D. LE MAITRE, 1952a), également dans le Siegenien supérieur; enfin dans le Siegenien de Tihonga, dans l'Adrar mauritanien (D. LE MAITRE, 1952c, p. 336).

Athyris undata (DEFrance, 1828)

Pl. XXXIII, fig. 4 Niveaux 44, 45,
46, 48, 52, 56, 57 et 66

Ce Brachiopode est très répandu. Dans le Massif armoricain, on le connaît dans les schistes à *A. undata* du synclinal de Néhou, dans la grauwaque du Faou, le synclinal de Laval et les calcaires d'Angers, c'est-à-dire plutôt dans l'Emsien. Dans l'Ardenne, c'est une espèce des grès d'Anor (Siegenien) et de la grauwaque d'Hiérges (Emsien); au Luxembourg, elle est associée, dans le Siegenien moyen, à *Sp. primaevus* et *D. papilio* (comme ici dans la zone 56) (Lex. strat., vol. I, fasc. 4aI, p. 377); on la connaît également dans les Pyrénées occidentales et les Asturies.

En Afrique, c'est une espèce siegenienne dans la Saoura (D. LE MAITRE, 1952a, p. 136), mais rarement citée au Maroc, et qui n'a pas encore été signalée dans l'Adrar mauritanien.

Anathyris sp. e.g. ezquerrai (DE VERNEUIL et d'ARCHIAC, 1845)

Niveau 45

Cette espèce, surtout espagnole, est abondante dans le Coblencien des Asturies (calcaires de Ferrones). Elle se rencontre aussi dans l'Emsien des Pyrénées occidentales (J. W. LAVERDIÈRE, 1930), dans le calcaire de Néhou (Siegenien supérieur) et le calcaire d'Erbray (Emsien supérieur). En Afrique, elle est longtemps restée inconnue (D. LE MAITRE, 1944, p. 15), comme c'est le cas dans l'Ardenne. Mais H. HOLLARD (1958) a récemment signalé l'espèce dans la zone sud-ouest du Dra, dans un niveau qu'il attribue au Siegenien supérieur. Au Zemmour, c'est une espèce rare.

Uncinulus imperator BAYLE, 1878

[vraisemblablement cf. *U. subwilsoni* (d'ORBIGNY, 1850), in D. LE MAITRE, 1952a, p. 114]
Pl. XXXII, fig. 12 Niveau 44

Cette espèce est connue dans le Dévonien inférieur de France; l'espèce voisine décrite par LE MAITRE se trouve dans le Siegenien inférieur d'El Kseib et dans la barre inférieure de calcaire à Orthocères de

l'Erg Djemel, c'est-à-dire dans l'Emsien inférieur (Ougarta, Saoura). Au Zemmour, on la rencontre uniquement dans la dalle de Bir Aïdiat.

Les deux espèces auxquelles ont été rapportés les *Chonetes* ont une large extension et sont connues habituellement de l'Emsien au Givetien. Cette faune est donc surtout caractérisée par l'association d'*Acrospirifer rousseaui*, *Costispirifer trigeri*, *Spirifer bischofi*, *Uncinulus imperator* et *Athyris undata*. *U. imperator* n'a d'ailleurs été rencontré qu'à la base, dans la dalle de Bir Aïdiat (44). C'est une association franchement siegenienne.

4° Les grès fins à patine noire, à empreintes de *Pleurodictyum*, *Trigeria* et *Chonetes* (Niveaux 47 à 51)

Cette association, bien que pauvre en espèces, est souvent très riche en individus conservés en fines empreintes dans les grès, ce dont la fig. 8 de la Pl. XXXIII donne une idée moyenne.

Vers la base, on trouve encore des *Spirifers* voisins des précédents :

Niveau 47 : BRACHIOPODES : *Spirifer* cf. *bischofi* ROEMER, *Chonetes* sp. e. g. *tenuicostata* OEHLERT.

Niveau 48 : BRACHIOPODES : *Costispirifer* sp. e. g. *trigeri* (DE VERN.), *Athyris undata* (DEFrance), *A.* sp. (ou *Meganteris* sp. ?).

Le niveau 50, très caractéristique, contient la faune suivante (Pl. XXXIII, fig. 6 à 8) :

COELENTERES : *Pleurodictyum* sp.; TRILOBITES : *Comura* (*Comura*) *praecursor* PILLET; BRACHIOPODES : *Lingula* sp., *Spirifer* sp., « *Trigeria* » sp., *Chonetes* sp. e. g. *tenuicostata* ? OEHLERT.

M. ALIA MEDINA (1949a, p. 49) cite *Pleurodictyum problematicum* (GOLD.) plus au Nord, au Nord du Gleib Aseraut (Gleib Asraoul). J'ai pu voir récemment, lors d'une tournée au Sahara espagnol, qu'il s'agissait du même niveau. Le pygidium de Trilobite trouvé à Tighirt appartient à une nouvelle espèce de *Comura*, étudiée par ailleurs (J. PILLET, 1961). Le sous-genre *Comura* comporte un nombre limité d'espèces encore assez mal connues, qui ont une extension verticale allant de l'Emsien au Frasnien. D. LE MAITRE (1952a, p. 154) décrit un fragment de pygidium nettement différent de notre *Comura*, provenant du Couvinien inférieur de la Saoura. Cette faune conservée en magnifiques empreintes dans de fines grauwackes n'apporte donc pas une grande précision sur l'âge de cette zone.

5° Les lumachelles à *Spirifer fallax* (Niveaux 52 à 58)

L'étude détaillée (Pl. XXXIII, fig. 9 à 13; Pl. XXXIV, fig. 1 à 7) de ces lumachelles a permis de distinguer trois parties principales :

a) Les lumachelles inférieures à *Acrospirifer fallax* et *Athyris undata* (Niveaux 52-55).

Entre les niveaux précédents et la zone des Monstres proprement dite (56), existent plusieurs lumachelles dont la faune comporte des espèces appartenant aux faunes précédentes et d'autres aux espèces de la zone des Monstres. Les lumachelles du niveau 52 ont livré : BRACHIOPODES : *Athyris undata* (DEFrance), « *Meristella* » sp., *Schuchertella* sp., cette dernière espèce pouvant constituer à elle seule une véritable lumachelle. Les grès 53 présentent quelques empreintes de *Spirifer* sp. Avec la grauwacke du niveau 54 apparaissent *Acrospirifer fallax* (GIEBEL) et *Schizophoria striatula* (SCHLOTHEIM).

Enfin la dalle 55, sur laquelle repose la zone des Monstres, offre déjà une plus belle faune :

BRACHIOPODES : *Acrospirifer* sp. e. g. *fallax-primaevus*, *Spirifer* sp., *Cyrtina heteroclyta* (DEFrance), *Athyris* sp., *Trigeria oliviani* (DE VERN. et D'ARCH.), *T.* sp., *Camarotoechia* sp., *Rhipidomella* sp. ?, *Stropheodonta* sp. 1, *S.* sp. 2, *Schuchertella umbracula* (SCHLOTHEIM), *Leptostrophia* cf. *explanata* (SOWERBY), *Chonetes* sp.

- b) La « zone des Monstres » à *Acrospirifer primaevus*, *A. fallax* et *Straelenia papilio* (Niveau 56).

C'est dans ce niveau, en particulier dans la région de Tighirt, qu'on trouve la plus belle faune du Dévonien inférieur (Pl. XXXIII, fig. 9 à 13; Pl. XXXIV, fig. 1 à 6). Conservée dans des grès calcaires assez friables, c'est la seule faune où les fossiles se dégagent facilement. L'association est la suivante :

COELENTERES : *Haplospira*?, Zaphrentidé?; BRACHIOPODES : *Acrospirifer fallax* (GIEBEL), *A. primaevus* (STEININGER), *Spirifer* sp., *Meganteris* sp. e. g. *archiaci* (DE VERN.), *M.* sp. (formes jeunes), *Athyris* sp. e. g. *undata* (DEFrance), « *Athyris* » *sougyi* DROT, « *Trigéria* » sp. e. g. *guerangeri* (DE VERN.), « *T.* » sp., *Straelenia papilio* (KRANTZ) var. *zemmourensis* DROT, *S. papilio* var. *minor*, *Camarotoechia* cf. *daleidensis* (ROEMER), *C.* sp., *Schizophoria provulvaria* (MAURER), cf. *S. striatula* (SCHLOT.), *S.* sp., *Rhipidomella* sp. e. g. *hamoni* (ROUAULT), *Rh.* sp., « *Orthis* » sp., *Stropheodonta* sp., *Schuchertella* cf. *umbracula* (SCHLOT.), *S.* sp., cf. *Leptostrophia* sp., cf. *Tropidoleptus rhenanus* FRECH, *Chonetes* sp., *Gypidula* sp., « *Pentamerus* » *acostatus* ??; CRINOIDES : indéterminés.

- c) Les lumachelles supérieures à « *Trigéria* » sp. e. g. *guerangeri* (Niveaux 57 à 59).

Au-dessus de la zone des Monstres, les lumachelles sont moins riches en espèces, les fossiles sont plus broyés et la roche plus calcaire. On y a rencontré (Pl. XXXIV, fig. 7) les espèces suivantes :

Niveau 57 : COELENTERES : « *Thamnopora* » sp. nov.; BRACHIOPODES : *Costispirifer* sp. e. g. *trigéri*? (DE VERN.), *Spirifer* sp. (jeune de *A. fallax*), *Sp.* sp., *Athyris* sp. e. g. *undata* (DEFrance), « *Trigéria* » sp. e. g. *guerangeri* (DE VERN.), *Camarotoechia* sp., *Leptaena rhomboidalis* (WILCKENS), *Rhipidomella* sp., *Stropheodonta munchisoni* (D'ARCH. et DE VERN.), *S.* sp. ?; GASTÉROPODES : *Bembexia* cf. *larteti* MUNIER-CHALMAS.

Niveau 58 : BRACHIOPODES : *Hysterolites* sp. ??, *Spirifer* sp.; CRINOIDES : indéterminés.

Niveau 59 : COELENTERES : *Barrandeophyllum* ? indét. sp.; BRACHIOPODES : *Spirifer* sp., *Camarotoechia* sp., « *Orthis* » sp.

On notera en premier lieu la fréquence, dans ces lumachelles, d'un certain nombre d'espèces banales de Brachiopodes, à grande extension verticale :

Leptaena rhomboidalis (WILCKENS, 1769), espèce allant de l'Ordovicien au Dévonien, et connue au Zemmour du niveau 27 au niveau 90 (Givetien supérieur).

Cyrtina heteroclyta (DEFrance, 1828), espèce connue du Siegenien au Frasnien, apparaissant au Zemmour dans le niveau 55 et s'éteignant dans le niveau 88 (Givetien supérieur).

Schuchertella umbracula (SCHLOTHEIM, 1820), espèce connue du Siegenien au Strunien, signalée au Zemmour du niveau 34 au niveau 90.

Schizophoria striatula (SCHLOTHEIM, 1822), espèce dévonienne, qui au Zemmour apparaît au niveau 54 et existe encore au Givetien supérieur dans le niveau 88.

Certaines espèces des niveaux précédents existent encore, telles que *Costispirifer* sp. e. g. *trigéri*, dans le niveau 57 et *Athyris undata* dans les niveaux 52, 56 et 57. Dans ces lumachelles, les fossiles les plus représentatifs sont les suivants :

***Acrospirifer fallax* (GIEBEL, 1858)**

[synonyme de *A. decheni* (KAYSER, 1878)]

Pl. XXXIV, fig. 1-2 Niveaux 54, 56 et 57

En Europe, ce Brachiopode est connu dans le Massif armoricain, dans les calcaires d'Erbray (Emsien), appelés aussi calcaires à *Spirifer decheni*, mais il s'y trouve associé à *Sp. trigéri* et *Sp. paradoxus* (D.-P. OEHLERT, 1887, 1889; *Lex. strat. intern.*, vol. I, fasc. 4aI, p. 142). En revanche, dans le Harz et le SE de l'Eifel, il se rencontre dans le Siegenien. Dans les Pyrénées occidentales, J.-W. LAVERDIÈRE le signale dans l'Emsien inférieur.

En Afrique, c'est une espèce abondante dans les calcaires crinoïdiques du Siegenien supérieur de la Saoura (D. LE MAITRE, 1952a, p. 22 et 124); sur le bord sud du synclinal de Tindouf, P. GEVIN (1948, p. 372; 1960 [1958], p. 130) la trouve associée soit à *Sp. primaevus*, soit à *Sp. paradoxus*. Elle est connue aussi dans le Siegenien supérieur de l'Anti-Atlas (G. CHUBERT, 1952a, p. 123). C'est donc une espèce du Siegenien supérieur qui subsiste accessoirement dans l'Emsien.

Acrospirifer primaevus (STEININGER, 1853)

Niveaux 55 et 56

Dans l'Ardenne, cette espèce caractérise le Siegenien (*Lex. strat.*, 1957, vol. I, fasc. 4aI, p. 377). On l'y trouve dans les grès d'Anor (Siegenien inférieur et moyen) (E. ASSELBERGHS, 1946, p. 30) et dans la grauwaacke de Montigny, où elle est associée à *Spirifer paradoxus* et *Spirifer pellico* (*Lex. str.*, vol. I, fasc. 4aI, p. 301). Elle est aussi connue dans le Harz, et dans le Siegenien des Pyrénées occidentales. En Bretagne, on la rencontre également jusque dans l'Emsien inférieur. Aux U. S. A., d'après D. LE MAITRE (1952a, p. 124), son équivalent américain *Sp. munchisoni* appartient à l'Oriskany formation (Siegenien).

Dans la Saoura, l'espèce typique est rare (comme au Zemmour) et se trouve dans l'Emsien inférieur (*ibid.*). Dans l'Anti-Atlas, elle est connue à El Guelob, vers le haut du Siegenien (G. CHOUBERT, 1952a, p. 123). Sur la bordure sud du synclinal de Tindouf, P. GEVIN (1960 [1958], fig. 33) la situe à la partie tout à fait supérieure du Siegenien. D. LE MAITRE (1952c) la signale aussi dans l'Adrar mauritanien, dans les grès siegeniens d'Aouin Zbel. C'est donc une espèce couvrant la période Siegenien-Emsien inférieur. Au Zemmour, elle est associée à la précédente et l'on trouve d'ailleurs tous les intermédiaires entre les deux espèces.

Meganteris archiaci (DE VERNEUIL, 1850)

Pl. XXXIII, fig. 10 Niveaux 46, 56 et 66

En Europe, cette espèce est connue dès le Siegenien moyen au Luxembourg (*Lex. strat.*, 1957, vol. I, fasc. 4aI, p. 377), associée à *Spirifer primaevus*, mais elle est surtout signalée dans l'Emsien et à l'extrême base du Couvinien inférieur, dans l'Ardenne belge et les Asturies.

Au Maroc, c'est une espèce siegenienne dans l'Anti-Atlas (G. CHOUBERT, 1952a, p. 123), emsienne au Maroc central (H. TERMIER, 1936, p. 319) et qui est également connue au Tafilalet dans un niveau que D. LE MAITRE (1944, p. 21 et 62) attribue à l'Emsien inférieur. Dans la Saoura, on la rencontre dans le Siegenien supérieur et l'Emsien inférieur (D. LE MAITRE, 1952a, p. 144). Enfin, plus près du Zemmour, P. GEVIN (1960 [1958]) signale un *Meganteris* sp. associé à *Spirifer primaevus* et *Straelenia papilio*. C'est donc une espèce d'assez grande extension verticale. Au Zemmour, elle est surtout abondante dans la zone des Monstres (niveau 56).

Athyris sougyi DROT, 1961

Pl. XXXIII, fig. 9 Niveau 56

Cette espèce nouvelle et rare est uniquement connue dans la zone des Monstres. Elle est définie et décrite par ailleurs par J. DROT.

Trigieria oliviani (D'ARCHIAC et DE VERNEUIL, 1845)

Niveau 55

En Europe, c'est une espèce du Siegenien et de l'Emsien (grès de Vireux). Elle est connue au Maroc central, à la base de l'Emsien (H. TERMIER, 1936, p. 319), associée à *Sp. pellico*. Il faut noter là son association avec *Meganteris archiaci*, *Camarotoechia daleidensis*, *Trigieria guerangeri*, *Leptostrophia explanata*; c'est une faune, remarque H. TERMIER, qui « rappelle les couches de Montigny dans l'Ardenne, qui sont du Hunsrückien » mais qu'il « range provisoirement à la base de l'Emsien ». *Trigieria oliviani* ne semble pas avoir jusqu'ici été signalée au Sahara. Au Zemmour, elle n'a été rencontrée qu'une seule fois, sous la zone des Monstres.

« Trigieria » guerangeri (DE VERNEUIL, 1850)Pl. XXXIII, fig. 12 Niveaux 56
et surtout 57

En Europe, c'est une espèce connue au Siegenien et à l'Emsien. Dans le Massif armoricain, elle se trouve dans le Siegenien supérieur d'Ille-et-Vilaine (calcaire de Boix-Roux). Dans l'Ardenne elle existe dans le Siegenien (grès d'Anor) et dans l'Emsien (assise de Vireux). E. KAYSER (1900) la cite également dans le Coblencien du Bosphore.

Au Maroc central, H. TERMIER (1936, p. 314 à 322) la situe à la base de l'Emsien, associée avec *L. explanata*, *T. oliviani* et *C. daleidensis*. Dans la Saoura, c'est dans un niveau plus élevé qu'elle est signalée : Couvinien inférieur (D. LE MAITRE, 1952a, p. 141). Au Zemmour ce Brachiopode est assez abondant, surtout dans les lumachelles (57) qui surmontent la zone des Monstres, mais également dans cette zone. Les lumachelles supérieures étant pauvres en espèces, c'est cette « *Trigieria* » qui permet de caractériser localement la zone, notamment dans la région de Bir Aïdiate.

***Straelenia papilio* (KRANTZ, 1857) var. *zemmourensis* DROT, 1961**
 Pl. XXXIV, fig. 3-5 Niveau 56

Cette espèce est très caractéristique, localement, de la zone des *Monstres* (51), en particulier dans la région de Tighirt, et principalement sous forme d'une variété nouvelle, décrite par ailleurs par J. DROT.

En Europe, c'est une espèce du Siegenien inférieur (Ardenne, Allemagne). En Afrique, G. et H. TERMIER (1950, II, p. 68) la citent dans l'Hunsrückien du Maroc central et G. CHUBERT (1952a, p. 123) dans le Siegenien d'Icht. Dans la Saoura, D. LE MAITRE la signale plus bas que dans le Zemmour, associée à *Spirifer rousseaui* et *Sp. bischofi*. La variété du Zemmour est d'ailleurs différente. Sur le rebord sud du synclinal de Tindouf, P. GEVIN (1960 [1958], fig. 33) la situe dans le Siegenien supérieur, associée à *Sp. primaevus* et *Sp. paradoxus*.

***Camarotoechia* cf. *daleidensis* (ROEMER, 1844)**
 Pl. XXXIII, fig. 11 Niveau 56

J. DROT a rapporté à cette espèce une *Camarotoechia* fréquente dans la zone des *Monstres* (56) du Zemmour. En Europe, elle se trouve dans le Siegenien (grès d'Anor), l'Emsien (Emsien inférieur du Luxembourg, Emsien des Pyrénées occidentales) et s'éteint au Couvinien inférieur (Allemagne, Ardenne). Au Maroc, c'est une espèce courante dans l'Emsien (H. TERMIER, 1936, p. 314), mais également dans le Siegenien (G. CHUBERT, 1952a, p. 123). D. LE MAITRE (1952c, p. 328) la cite dans l'Adrar mauritanien du Siegenien au Couvinien inférieur.

***Schizophoria provulvaria* (MAURER, 1886)**
Niveau 56

En Europe, cette espèce est connue dans le Siegenien du Massif armoricain (calcaires d'Angers); dans le grès d'Anor (Siegenien inf.) et l'assise de Vireux (Emsien inf.) de l'Ardenne; dans l'Emsien inférieur et moyen du Luxembourg (*Lex. strat.*, vol. I, fasc. 4aI, p. 139), dans les Unterkoblenschichten (Emsien) du Massif rhénan, enfin dans l'Emsien à *A. paradoxus* des Pyrénées occidentales.

Elle est abondante au Maroc central (H. TERMIER, 1936, p. 314...), dans la Chaouïa sud et les Rehamna. G. CHUBERT (1952a, p. 123) la signale dans le Siegenien de l'Anti-Atlas. Dans la Saoura, D. LE MAITRE (1952a, p. 102) l'a trouvée associée dans le Siegenien à *A. rousseaui*. C'est donc une espèce du Siegenien et de l'Emsien inférieur.

***Rhipidomella* sp. e.g. *hamoni* (ROUAULT, 1846)**
Niveau 56

Cette espèce, au Zemmour, se trouve dans la zone des *Monstres* (56). En Europe, son extension verticale va du Siegenien inférieur au Couvinien inférieur (Massif armoricain, Ardenne). En Afrique, elle est connue dans le Tafilalet (Coblencien), dans l'Eifelien inférieur de la Saoura (D. LE MAITRE, 1952a, p. 100), et sur le rebord sud du synclinal de Tindouf (P. GEVIN, 1958), associée à *Spirifer primaevus* comme au Zemmour.

***Stropheodonta purchisoni* (D'ARCHIAC et DE VERNEUIL, 1842)**
Niveaux 56 ?, 57

En Europe, c'est une espèce du Siegenien (grauwacke de Montigny : Siegenien supérieur) et de l'Emsien (Emsien inférieur du Luxembourg) (*Lex. str.*, 1957, vol. I, fasc. 4aI, p. 139). Dans le Massif armoricain, connue dès le Siegenien moyen (grauwacke du Faou), elle monte dans le Couvinien inférieur du Finistère. En Allemagne, elle est siegenienne. Dans les Pyrénées occidentales, J.-W. LAVERDIÈRE la signale surtout dans l'Emsien, associée à *A. paradoxus*, mais il l'a également trouvée dans le Couvinien inférieur, avec *P. cultrijugatus*.

D. LE MAITRE (1952a, p. 106) la cite uniquement dans le Couvinien inférieur de la Saoura. G. et H. TERMIER (1950, II, p. 47) la signalent sur le bord sud du synclinal de Tindouf, dans le Couvinien inférieur. C'est donc une espèce d'assez grande extension verticale : Siegenien-Couvinien inférieur.

***Leptostrophia* cf. *explanata* (SOWERBY, 1842)**
Niveaux 55 et 66 ?

En Europe, cette espèce est connue depuis le Gedinnien jusqu'à la fin du Couvinien, notamment dans l'assise de Bure (Ardenne). Sur le Bosphore, elle est dans le Siegenien (E. KAYSER, 1900). Elle est largement

répandue dans l'Emsien du Maroc, d'après G. et H. TERMIER (1950, II, p. 48). H. HOLLARD (1958) la signale au SW du bassin du Dra.

cf. **Tropidoleptus rhenanus** FRECH

Niveau 56

L'identification de ce fossile, dans la zone des Monstres, n'est pas absolument certaine. Cette espèce européenne a une extension verticale allant du Siegenien à l'Emsien inférieur : Siegenien supérieur et Emsien inférieur du Luxembourg (*Lex. strat.*, 1957, vol. I, fasc. 4aI, p. 139 et 377), Siegenien du Massif rhénan et Emsien inférieur du SE de l'Eifel (Biederburg Schichten), Vrbno beds (Coblencien) de Tchécoslovaquie (*ibid.*, 1957, vol. I, fasc. 6b, p. 296).

En Afrique, elle est signalée dans le Coblencien de l'Ahnnet (J. FOLLOT, 1952, p. 23), depuis les récoltes de R. CHUDEAU, E. F. GAUTIER et G.-B.-M. FLAMAND. Au Sahara espagnol, M. ALIA MEDINA (1949a, p. 49) signale ce fossile au Nord du Gleib Aseraut (Asraoul) dans le Coblencien.

6° **La lumachelle à Acrospirifer sp. e. g. paradoxus-pellico des Oudeï Askaf** (Niveau 66)

Il faut ensuite arriver au niveau 66 pour rencontrer une association de faune intéressante (Pl. XXXV, fig. 1 à 8). Pour l'instant, cette faune n'a été observée que dans la région sud (Oudeï Askaf); elle semble faire défaut au Nord de Bir Aïdiat. Elle comporte :

COELENTERES : Zaphrentidé indét., *Disphyllum trigemne* (QUENST.), cf. *Tryplasma*; BRACHIOPODES : *Acrospirifer* sp. e. g. *paradoxus-pellico*, *Spirifer* sp., *Paraspirifer* sp. e. g. *auriculatus* (SANDBERGER), cf. *Meganteris archiaci* (DE VERNEUIL), *Athyris* sp. e. g. *undata* (DEFrance), *Uncinulus kayseri* BARROIS, *Camarotoechia* sp. 1, C. sp. 2, *Stropheodonta* sp. 1, S. sp. 2, *Leptostrophia* sp., *Chonetes* sp. e. g. *plebeius* SCHNUR; TRILOBITES : *Phacops* (*Phacops*) *fecundus major* BARRANDE, *Ph.* sp., *Proetus* sp.

Cette association comporte encore des espèces connues dans les niveaux sous-jacents et qui s'éteignent ici : *Meganteris archiaci*, *Athyris undata* et *Leptostrophia* sp. Mais plusieurs espèces sont propres au niveau :

Acrospirifer sp. e. g. **paradoxus** (SCHLOTH.) — **pellico** (D'ARCH. et DE VERN.)

Pl. XXXV, fig. 2 et 3

Niveau 66

A. paradoxus (SCHLOTHEIM, 1813) et *A. pellico* (D'ARCH. et DE VERN., 1845) appartiennent à un même groupe et tous les intermédiaires existent entre ces deux extrêmes.

Dans les Ardennes, *A. pellico* est surtout une espèce de l'Emsien inférieur (grès de Vireux) (*Lex. strat.*, vol. I, fasc. 4aI, p. 127) et *A. paradoxus* une espèce de l'Emsien supérieur (grauwacke d'Hierges *sensu stricto*). Mais *A. pellico* et *A. paradoxus* existent dès le Siegenien supérieur, dans la grauwacke de Montigny, et *A. paradoxus* dans l'Emsien moyen, dans les grès et schistes de Winenne. Le groupe *pellico-paradoxus*, dans l'Ardenne, appartient donc essentiellement à l'Emsien.

Dans le Massif schisteux rhénan, *A. paradoxus* se trouve dans les couches de Coblençe supérieures (Emsien supérieur). Dans le Massif armoricain, *A. paradoxus* est signalé dans la grauwacke du Fret (Emsien). On connaît *A. pellico* dans l'Emsien inférieur des Pyrénées et dans la province de Léon (Santa-Lucia) où il serait dans le Couvinien inférieur (D.-P. OEHLERT, 1896, 1901). Dans les Pyrénées occidentales, *A. paradoxus* se rencontre dans l'Emsien supérieur (J.-W. LAVERDIÈRE, 1930).

Au Maroc, *A. pellico* est connu dans le Siegenien du Maroc central (H. TERMIER, 1936, p. 310) et dans l'Emsien (Chaouïa sud). Il est associé à *A. paradoxus* dans l'Emsien de l'Anti-Atlas (G. CHUBERT, 1952a, p. 123). *A. paradoxus* est également connu dans l'Ahnnet (J. FOLLOT, 1952, p. 23). Dans la Saoura, *A. paradoxus* se rencontre du Siegenien supérieur à l'Emsien supérieur, et *A. pellico* à l'Emsien inférieur (D. LE MAITRE, 1952a, p. 123). Sur le bord sud du synclinal de Tindouf, P. GEVIN donne une assez grande extension à ces deux espèces : *A. paradoxus* : Siegenien supérieur à Emsien supérieur; *A. pellico*, Siegenien supérieur à Couvinien inférieur, avec une nette prédominance pour l'Emsien.

Le groupe *pellico-paradoxus* a donc une extension verticale allant du Siegenien supérieur au Couvinien inférieur, avec une plus grande abondance à l'Emsien.

Paraspirifer sp. e.g. *auriculatus* (SANDBERGER, 1856)
Pl. XXXV, fig. 6 Niveau 66

C'est grâce à des différences d'empreintes musculaires que J. DROT a pu différencier cette espèce de *P. cultrijugatus* très voisin. Dans l'Ardenne, c'est une espèce de l'Emsien supérieur, qu'on trouve, comme ici, associée à *Acrospirifer paradoxus* dans la grauwacke d'Hierges (J. GOSSELET, 1888). D'après Ch. BARROIS (1898), on la rencontrerait dans le bassin du Finistère, à la base du Couvinien, dans les schistes de Porsguen. Mais d'après A. RENAUD (*Lex. strat.*, 1957, vol. I, fasc. 4aI, p. 328), il s'agit déjà de *P. cultrijugatus*. Dans le Massif schisteux rhénan, *P. auriculatus* est associé à *A. paradoxus* dans les couches de Coblençe supérieures, équivalent de la grauwacke d'Hierges (Emsien supérieur).

En Afrique, *P. auriculatus* a été signalé vers le sommet de l'Emsien (D. LE MAITRE, 1952b, p. 58) et dans le bassin Erg Chech-Tanezrouft, également dans l'Emsien supérieur (C. SALLÉ et autres, 1956, pl. 26 bis).

Uncinulus kayseri BARROIS, 1882
[synonyme de *Uncinulus adolphi mimicus* BARRANDE]
Pl. XXXV, fig. 3 à 5 Niveau 66

C'est une espèce espagnole des Asturies (Ch. BARROIS, 1882), appartenant au Couvinien inférieur et qui n'est connue ni dans l'Ardenne, ni dans le Massif armoricain. Elle a été signalée pour la première fois en Afrique par D. LE MAITRE (1952a, p. 116) dans la Saoura, où elle est abondante dans le Couvinien inférieur, associée à *U. orbignyanus*, mais elle apparaît déjà à l'Emsien supérieur. Dans l'Azzel Matti et le Touat, c'est une espèce située à la limite de l'Emsien et du Couvinien inférieur (C. SALLÉ et autres, 1956). Au Zemmour elle est très abondante dans la lumachelle à *A. paradoxus*, mais elle n'est pas encore connue en dehors de ce niveau.

Chonetes sp. e.g. *plebeius* SCHNUR, 1853
Niveaux 66 et 77

Dans l'Ardenne, *Chonetes plebeius* est connu dans les grès de Vireux (Emsien inférieur) et dans la grauwacke d'Hierges (Emsien supérieur). Dans les Pyrénées occidentales, J.-W. LAVERDIÈRE la signale dans l'Emsien inférieur, associée à *A. pellico*. Au Maroc, G. CHOUBERT (1952a, p. 123) la cite dans les « riches » de l'Emsien, associée à *A. pellico* et *A. paradoxus* comme au Zemmour. H. TERMIER (1936, p. 314 à 321) la signale dans l'Emsien du Maroc central, et H. et G. TERMIER (1950, II, p. 52), dans l'Emsien de la Chaouïa sud. Elle n'a été signalée ni dans la Saoura ni sur le bord sud du synclinal de Tindouf. Au Zemmour elle apparaît avec la lumachelle des Oudeï Askaf (66), mais elle est plus abondante au niveau 77 (lumachelles à *P. cultrijugatus*).

Phacops (Phacops) fecundus major BARRANDE, 1852
Pl. XXXVI, fig. 12 Niveaux 66 et 77

D'après J. PILLET (*in litt.*, 1959), les variétés *major* et *degener* « ont une large répartition stratigraphique et géographique, et les publications à leur sujet ne permettent que difficilement de juger de leur répartition respective. Cependant, lorsque les deux espèces existent dans la même région, elles se succèdent dans le temps. Dans l'ensemble *P. major* est une espèce du sommet de l'Eodévonien et de la base du Mésodévonien. *P. degener* se situe plutôt dans la partie moyenne et supérieure du Mésodévonien ». Au Zemmour, la variété *degener* se rencontre dans les niveaux 66 et 77 et la variété *major* n'apparaît qu'au niveau 80.

Dans le Massif armoricain, *P. fecundus major* est connu dans le calcaire d'Erbray (Ch. BARROIS, 1889), classé depuis dans l'Emsien (*Lex. strat.*, 1957, vol. I, fasc. 4aI, p. 141) et dans les calcaires de Chaudefonds (D. LE MAITRE, 1934) de l'Emsien supérieur et de l'Eifelien inférieur du bassin d'Ancenis. En Bohême, la variété *major* appartient aux calcaires à Crinoïdes de Mnenian, du sommet de l'étage F, et que certains auteurs placent à la base du Couvinien, d'autres au sommet du Coblencien (E. HAUG, 1930, p. 697).

En Afrique du Nord, *P. fecundus* est souvent signalé, mais sans précision sur les variétés, dans le Couvinien et le Givetien (H. et G. TERMIER, 1950, IV, p. 46). La variété *major* est citée par D. LE MAITRE (1952a, p. 155) dans la Saoura, au Couvinien inférieur. Sur le rebord sud du synclinal de Tindouf, P. GEVIN ne signale pas de *Phacops* avant la partie terminale du Couvinien.

B. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA FAUNE DU DEVONIEN INFÉRIEUR

Au Dévonien inférieur, les « groupes » suivants sont représentés : Coelentérés, Bryozoaires, Brachiopodes inarticulés, Brachiopodes articulés, Lamellibranches, Gastéropodes, Céphalopodes (Orthocères), Trilobites, Ostracodes, Crinoïdes et Eoptéropodes. La plus grande partie des espèces se rapporte aux Brachiopodes. Crinoïdes et Orthocères sont également relativement abondants. Pour connaître la répartition stratigraphique détaillée des différents « groupes », on se reportera à la colonne des clastiques organiques des tableaux V à IX.

Toutes les associations que nous avons passées en revue sont des faunes à caractères *néritiques*. Ceci est confirmé par la nature des faciès. On peut toutefois penser que les associations des dalles lumachelliques 35, 38 et 40 représentent des faunes marines, certes toujours *néritiques*, mais un peu plus profondes, comme le montre d'une part la réduction du nombre des espèces de Brachiopodes et d'autre part l'abondance des Orthocères et des Crinoïdes.

Les espèces sont pratiquement toutes des espèces européennes (Massif armoricain, Ardenne, Bohême, Espagne). Ce n'est qu'au Dévonien moyen que les espèces américaines feront leur apparition.

L'extension verticale, au Zemmour, des principales espèces du Dévonien inférieur est indiquée par le tableau n° 26. J'ai apporté deux modifications à la présentation la plus habituelle de ce type de tableau :

1° Les fossiles, au lieu d'être classés paléontologiquement, sont dans leur ordre d'apparition stratigraphique, ce qui permet de mieux se rendre compte des associations caractéristiques.

2° Les niveaux locaux sont mentionnés pour que, en cas de révision de la stratigraphie, on puisse savoir dans quel niveau se trouve telle association, et éventuellement modifier les attributions d'âge. Ceci en vue de bien séparer faits d'observations et interprétations.

C. — DISCUSSION SUR L'ÂGE DES NIVEAUX ET LES LIMITES D'ÉTAGES

En général, au Dévonien inférieur, les niveaux fossilifères n'autorisent pas des attributions d'âge très précises. Les fossiles ne permettent pas toujours de reconnaître et d'individualiser Siegenien et Emsien. Les niveaux les plus caractéristiques sont les suivants, de bas en haut :

- Niveaux 44-46 : Calcaires et siltstones à *Acrospirifer* sp. e. g. *rousseaui*, *Costispirifer* sp. e. g. *trigeri* et *Spirifer bischofi* (Siegenien).
- Niveau 56 : Zone des Monstres à *Acrospirifer primaevus-fallax* et *Straelenia papilio* var. *zemmourensis* (Siegenien supérieur).
- Niveau 66 : Lumachelle des Oudeï Askaf à *Acrospirifer* sp. e. g. *paradoxus-pellico*, *Paraspirifer* sp. e. g. *auriculatus* et *Uncinulus kayseri* (Emsien supérieur).

Les autres associations sont toutes peu caractéristiques et généralement ne permettent que d'affirmer l'âge éodévonien des formations. Les dalles à *Uncinulus oehlerti* ont été attribuées au Siegenien inférieur, sans arguments très valables par suite de leur position stratigraphique entre le Gedinnien et le Siegenien supérieur, et par analogie avec la Saoura.

a) Limite entre le Gedinnien et le Siegenien inférieur

Nous avons vu que le niveau 29 est caractérisé par une faune de Trilobites gedinniens. *Uncinulus oehlerti*, espèce du Siegenien inférieur de la Saoura, devient fréquent à partir du niveau 35. C'est donc vraisemblablement entre les niveaux 29 et 35 que se situe la limite entre le Gedinnien et le Siegenien inférieur. Sur le tableau stratigraphique V, la limite n'a pas été précisée exactement, la faune des niveaux intermédiaires étant très pauvre.

N° des niveaux	GEDINNEN			SIEGENIEN INFÉRIEUR						SIEGENIEN SUPÉRIEUR										EMSIEN SUP.	
	Marno. calcaires des Oudai Sekkoum			Zone à Uncinulus oehlerti						Zone à Sp. trigeri et Sp. rousseaui		Grès noirs à Chonetes		Lumachelles à Sp. fallax			Lum. Oudai Aska?				
	27	28	29	32	34	35	38	40	44	45	46	47	48	50	52	54	55	56	57	58	66
<u>Uncinulus oehlerti</u>		?	?																		
<u>Leptaena rhomboidalis</u>																					90
<u>Digonus zemmourensis</u>																					
<u>Acastella tiro</u>																					
<u>Ptychosphaera constricta</u>																					
<u>Fascicostella gervillei</u>																					
<u>Syringaxon smithi</u>																					
<u>Spirifer mercuri</u>																					
<u>Acastella artesia ?</u>																					
<u>Calymene interjecta</u>																					
<u>Schuchertella</u> cf. <u>umbracula</u>																					90
<u>Camarotoechia</u> cf. <u>nympha</u>																					69
cf. <u>Hysterolites hystericus</u>																					
<u>Acrospirifer rousseaui</u>																					
<u>Costispirifer trigeri</u>																			?		
<u>Uncinulus imperator</u>																					
<u>Athyris undata</u>																					
<u>Favosites gothlandicus</u>																					
<u>Pleurodictyum selcanum</u>																					
<u>Costispirifer bischoffi</u>																					
<u>Athyris concentrica</u>																					88
<u>Anathyris ezquerrai</u>																					
<u>Chonetes plebeia</u>																					
<u>Chonetes tenuicostata</u>																					
<u>Meganteris archiaci</u>																					
<u>Maurenia arborescens</u>																					
<u>Comura</u> (<u>Comura</u>) <u>præcursor</u>																					
<u>Pleurodictyum problematicum ?</u>																					
<u>Acrospirifer fallax</u>																					
<u>Schizophoria striatula</u>																					88
<u>Acrospirifer fallax-primaevus</u>																					88
<u>Cyrtina heteroclyta</u>																					
<u>Trigeria oliviani</u>																					
<u>Leptostrophia explanata</u>																				?	
<u>Straelenia papilio</u> var. <u>minor</u>																					
<u>S. papilio</u> var. <u>zemmourensis</u>																					
<u>Camarotoechia daleidensis</u>																					
<u>Athyris sougyi</u>																					
<u>Trigeria guerangeri</u>																					80
<u>Schizophoria provulvaria</u>																					
<u>Whipidomella hamoni</u>																					
<u>Tropidoleptus rhenanus</u>																					
<u>Pentamerus acostatus</u>																					
<u>Stropheodonta murchisoni</u>																					
<u>Bembexia larteti</u>																					
<u>Paraspirifer auriculatus</u>																					
<u>Acrospirifer paradoxus-pellico</u>																					
<u>Uncinulus kayseri</u>																					
<u>Chonetes plebeia</u>																					77
<u>Phocops fecundus major</u>																					77
<u>Disphyllum trigemne</u>																					88

TABLEAU n° 26

Extension verticale des espèces du Dévonien inférieur du Zemmour
(dans leur ordre d'apparition)

b) *Limite entre le Siegenien inférieur et le Siegenien supérieur*

Cette limite n'est pas mieux déterminée que la précédente, les faunes étant insuffisantes. Nous admettrons que la zone à *Uncinulus oehlerti* représente le Siegenien inférieur et que la dalle de Bir Aïdiat (44) contient les premiers fossiles attribuables au Siegenien moyen ou supérieur. Entre ces deux niveaux, plusieurs positions sont possibles pour la limite. Il serait logique, en l'attente d'arguments paléontologiques plus valables, de la placer au niveau ferrugineux 42 qui, comme nous l'avons montré (p. 346), correspond à une coupure dans la sédimentation. Du point de vue cartographique, la dalle 44 est plus commode à utiliser comme limite supérieure du Siegenien inférieur.

c) *Limite entre l'Emsien et le Couvinien inférieur*

La position de cette limite est discutée dans l'étude consacrée au Dévonien moyen (p. 468).

Donc si le Dévonien inférieur est bien caractérisé au Zemmour par plusieurs associations de faunes, ces dernières ne sont pas suffisantes pour donner en toute certitude des coupures plus fines. Les subdivisions que nous proposons sont vraisemblables, mais ne peuvent être considérées comme définitives. Les limites entre ces subdivisions restent assez vagues. De nouvelles découvertes de faunes seront nécessaires pour les améliorer et les préciser.

CHAPITRE IV

SYNTHÈSE STRATIGRAPHIQUE

A. — STRATIGRAPHIE PROPOSÉE POUR LE DÉVONIEN INFÉRIEUR DU ZEMMOUR

La stratigraphie proposée pour le Dévonien inférieur est présentée en entrée des tableaux stratigraphiques V à IX. Elle est d'autre part schématisée dans le tableau n° 27. On peut dire qu'au Zemmour le Dévonien inférieur est assez bien caractérisé par des faunes. Toutefois la série ne semble pas continue et les faunes ne sont pas suffisamment abondantes pour permettre de reconnaître toutes les subdivisions définies en Europe. On a pu mettre en évidence le Gedinnien inférieur, grâce à la faune à *Acastella tiro*. Le Siegenien est caractérisé par la faune à *Acrospirifer rousseaui*, le Siegenien supérieur par la faune à *A. primaevus-fallax*, et l'Emsien supérieur par la faune à *A. paradoxus-pellico* et *Paraspirifer auriculatus*.

Il reste toutefois des incertitudes :

- la limite du Gedinnien au Siegenien, qui a été placée arbitrairement entre les niveaux **31** et **32**, en l'absence de faunes utilisables dans ces niveaux;
- l'attribution des grès de Khang Lejouad, dans lesquels on ne connaît pas de faune pour l'instant, au Siegenien terminal plutôt qu'à l'Emsien.

Si la zone des Monstres à *A. fallax* fait nettement partie du Siegenien supérieur, il est difficile de préciser quels sont les niveaux qui appartiennent au Siegenien inférieur.

Du point de vue lithologique, après le Gedinnien de nature marno-calcaire, le Siegenien inférieur à *Uncinulus oehlerti* est argileux avec quelques bancs calcaires lumachelliques. Le Siegenien moyen et supérieur, à partir du niveau à *Acrospirifer rousseaui* devient gréseux ou lumachellique gréseux, suivant une séquence négative qui aboutit à des grès de plus en plus grossiers jusqu'à ceux de Khang Lejouad.

Le Siegenien et l'Emsien débutent tous les deux par des conglomérats phosphatés. L'Emsien devient de plus en plus fin jusqu'à la disparition complète des clastiques dans la lumachelle des Oudeï Askaf à *Acrospirifer paradoxus-pellico*, qui n'est connue que dans la partie sud.

Le niveau siegenien **42** est très ferrugineux. Il correspond à une interruption de la sédimentation détritique. A partir de ce niveau et surtout dans le Siegenien supérieur, les oolithes de chamoisite sont fréquentes, sans jamais constituer de minerais. Le niveau **60** pourrait lui aussi correspondre à des interruptions locales de dépôt.

EMSIEN SUPERIEUR		66 63-65 62 61	Lumachelle des Oudeï Askaf à <i>Acrospirifer paradoxus-pellico</i> , <i>Paraspirifer auriculatus</i> et <i>Uncinulus kayseri</i> . Grès, siltstones et argiles. Calcaire cristallin à Orthocères. Conglomérat phosphaté.
?		60	Grès de Khang Lejouad.
SIEGENIEN	SUP.	52-59	Zone des lumachelles à <i>Acrospirifer primaevus-fallax</i> et <i>Straelenia papilio</i> var. <i>zemmourensis</i> . { Lumachelle supérieure à « <i>Trigéria</i> » sp. e. g. <i>guérangeri</i>. Zone des Monstres. Lumachelle inférieure à <i>Athyris undata</i>.
		47-51	Grès fins à patine noire à empreintes de « <i>Trigéria</i> » et <i>Chonetes</i> .
	MOYEN	44-46	Zone des lumachelles, grès et siltstones à <i>Acrospirifer rousseaui</i> , <i>Costispirifer trigeri</i> et <i>Spirifer bischofi</i> — dalle de Bir Aïdate 44
		33-43	Zone des dalles lumachelles à <i>Uncinulus oehlerti</i> alternant avec des argiles dominantes — niveau ferrugineux 42 — dalle d'Iouineght 35
	INF.	32	Lumachelles de Brachiopodes à nodules phosphatés.
GEDINNIEN		31 27-30	Argiles. Marno-calcaires des Oudeï Sekkoum à <i>Digonus zemmourensis</i> et <i>Acas-tella tiro</i> .

TABLEAU n° 27

Stratigraphie proposée pour le Dévonien inférieur du Zemmour

Après la transgression gotlandienne, très générale au Sahara, il semble qu'au Dévonien inférieur on assiste à une tendance régressive légère, qui se manifeste par des dépôts de plus en plus grossiers, aboutissant aux grès de Khang Lejouad à stratification entrecroisée. Les faunes de l'Emsien sont très mal représentées. Ceci suggère une lacune partielle de l'étage, vers la fin duquel reprendrait la tendance transgressive, ce que corrobore l'étude granulométrique.

Les dépôts oolithiques ferrugineux et les nodules phosphatés proviennent de mers agitées, aérées, parcourues par des courants. La faune littorale indique une mer peu profonde, mais largement en communication avec l'Europe.

Les apports détritiques du continent (quartz, micas, minéraux lourds) augmentent d'importance au Siegenien supérieur, mais il s'agit d'un matériel mieux usé. Ceci implique peut-être plus un rapprochement des côtes qu'une surélévation de montagnes.

La puissance totale du Dévonien inférieur, y compris le Gedinien, est de l'ordre de 230 m à Tighirt et de 300 m à Khang Lejouad.

B. — COMPARAISONS ET RELATIONS AVEC LES RÉGIONS VOISINES

Les corrélations avec le Maroc, le Sud-algérien et l'Afrique occidentale sont facilitées par la présence d'associations de faunes communes. Toutefois, les stratigraphies locales de ces différents

pays ne sont pas toujours parfaitement connues, et les faunes n'ont guère été comparées entre elles; il faut donc rester prudent dans les corrélations. Nous verrons successivement celles que l'on peut faire avec le Maroc, notamment le Sud-marocain, avec le Sud-algérien et avec l'Adrar mauritanien.

1° *Corrélations avec le Maroc*

Pour ces corrélations, nous utiliserons les travaux de J. BONDON, L. CLARIOND et L. NELTNER (1934), de L. CLARIOND (1934a, 1934b), de H. TERMIER (1936), de D. LE MAITRE (1944), de G. CHOUBERT (1952a, 1952b), de G. CHOUBERT et P. JACQUEMONT (1952), de P. JACQUEMONT (1955), de H. HOLLARD (1955), de J. DESTOMBES (1955), de H. HOLLARD et P. JACQUEMONT (1958, [1956]), etc.

Au Maroc, la sédimentation au Dévonien, et notamment au Dévonien inférieur, est conditionnée par la surrection d'une chaîne calédonienne à l'emplacement même du grand géosynclinal calédonien où le Cambro-Ordovicien s'était déposé sous un faciès schisteux et le Gotlandien sous un faciès flysch. Cette chaîne dont les contours, déjà esquissés par H. TERMIER (1936), sont assez mal connus, occupait sensiblement l'emplacement du géosynclinal calédonien, c'est-à-dire la majeure partie du Haut-Atlas et du Moyen-Atlas, et s'étendait au NE sous les Hauts Plateaux. Cette surrection de la chaîne calédonienne s'est produite principalement à la limite du Gotlandien et du Dévonien, mais on y distingue plusieurs phases :

la phase prémonitoire (fin du Wenlock), dans le Massif central (travaux de W. VAN LECKWIJCK et G. SUTER).

la phase paroxysmale (paroxysme ardennais) dans l'Adrar N'Gout (travaux de A. NOESMOEN). Cette phase a eu lieu à la fin du Ludlow, et a été très rapide, puisque l'on retrouve des *Hercynella* (Gedinnien) au-dessus et au-dessous de la discordance. C'est de cette phase que date le plissement des formations du géosynclinal calédonien.

la phase posthume dans la Meseta (travaux de M. GIGOUT). A cette phase seraient dus des conglomérats et des couches rouges de la fin du Siegenien ou du début de l'Emsien. Elle expliquerait aussi l'envahissement de tout le Sud de l'Anti-Atlas par les grès emsiens.

Bien que ce ne soit pas tout à fait établi, il semble, d'après G. CHOUBERT, que des plis de fond aient surélevé la chaîne de l'Anti-Atlas et les chaînes d'Ougarta, rendant difficiles les communications entre les mers de la Saoura et du Bassin de Tindouf.

Les travaux récents de H. HOLLARD (1955) ont montré qu'en réalité les barres de grès emsiens (rich) n'étaient pas aussi constantes qu'on l'avait imaginé et qu'en réalité le faciès gréseux montait dans la série en allant de l'Ouest vers l'Est. A Aouinet Torkoz, dans la partie occidentale du Dra, la première barre de grès est siegenienne, la deuxième emsienne. A Fom el Hassane, la première disparaît, la barre emsienne se continue très loin à l'Est avec apparition, au-dessus, d'une autre barre qui est eifelienne, l'ensemble donnant l'illusion de deux barres continues emsiennes. Ceci pourrait être en relation avec une surélévation plus ancienne de la chaîne calédonienne à l'Ouest qu'à l'Est. Remarquons que ces grès siegeniens de l'Ouest contiennent comme dans le Zemmour des oolithes de chlorite (H. HOLLARD, 1955; J. DESTOMBES, 1955; H. HOLLARD et P. JACQUEMONT, 1958, [1956], p. 14).

Le Gedinnien est mal caractérisé au Maroc, sauf au Nord de la chaîne calédonienne, soit parce qu'il ne s'est pas déposé, soit parce qu'il est représenté par des terrains azoïques.

Le Siegenien, dans le géosynclinal du Dra, est très schisteux (1 000 m de schistes verts), mais vers le sommet s'y intercalent des bancs calcaires avec des fossiles analogues à ceux du Zemmour : *H. hystericus*, *A. decheni*, *A. primaevus*, *Sp. bischofi*, *M. archiaci*, *S. papilio*, *C. daleidensis*, *S. provulvaria*. C'est donc un faciès plus puissant qu'au Zemmour, analogue à la base, mais qui ne devient pas gréseux comme au Zemmour dans sa partie supérieure. Ceci d'ailleurs s'observe de la même façon au Maroc, à l'extrémité ouest du Dra, où le premier « rich » est siegenien supérieur (H. HOLLARD, 1955). D'après les mesures d'épaisseur du B. R. P., au coude du Dra le Siegenien n'aurait plus que 250 m d'épaisseur, alors qu'à l'Ouest il atteindrait 1 100 m, et au Zemmour 300 m (Khang Lejouad). Le Zemmour correspondrait donc à une zone de Siegenien relativement puissant et qui semble d'ailleurs s'épaissir vers l'Ouest dans la zone plissée. Il serait placé sur la bordure méridionale de ce géosynclinal. Rien n'autorise donc à fermer la fosse siegenienne à l'Ouest, avant

l'Atlantique. Si le Siegenien disparaît à l'Ouest à partir des chaînes de Dhlou et de Sekken, cela peut être dû à un relèvement des axes tectoniques, mais du point de vue sédimentologique rien n'annonce un rivage dans cette direction.

L'Emsien inférieur semble absent au Zemmour, à moins qu'il n'y soit représenté par les grès de Khang Lejouad. La faune à *Acrospirifer pellico-paradoxus* est mieux développée au Maroc.

Dans le Zemmour, à la suite d'un Gotlandien argilo-calcaire sans clastiques, le Siegenien offre un caractère régressif, comme nous l'a montré l'étude granulométrique. A mesure que la chaîne se surélève, les fonds remontent, la sédimentation devient plus grossière. De même, H. HOLLARD (1955) signale dans le Sud-marocain, à la limite du Gotlandien et du Dévonien, une série de plus en plus épaisse vers l'Ouest et toujours rouge, avec des apports gréseux et même conglomératiques, et une tendance lagunaire (Aïn Deliouine). Cette régression calédonienne semble approximativement contemporaine du faciès de la Kédia Leglaga. Par ailleurs, il y a une grande analogie entre notre lacune probable de l'Emsien inférieur et les observations de M. GIGOUT dans la Meseta.

Ce rapide aperçu de la géologie du Dévonien inférieur au Maroc peut aider à expliquer la sédimentation du Zemmour. L'épisode gréseux du faciès de la Kédia Leglaga, dans la zone de passage, correspond du point de vue de l'âge à la phase paroxysmale ardennaise des plissements calédoniens. Si ces grès calcaires se poursuivent au Nord à travers le Sahara espagnol, ce serait un contrecoup direct de la surélévation de la chaîne calédonienne marocaine : ces grès viendraient d'un épandage général depuis la chaîne principale. Si au contraire, comme nous l'avons supposé dans l'étude stratigraphique, ce faciès est plus local et ne se prolonge pas au Sahara espagnol, il faudrait envisager une surélévation d'une partie de la Dorsale reguibat, contrecoup indirect de la phase principale des plissements.

L'épisode gréseux qui débute après le niveau ferrugineux oolithique 42, et qui devient ensuite de plus en plus grossier jusqu'au niveau 60 (grès de Khang Lejouad), correspond à la phase calédonienne posthume du Maroc. Mais il faut insister sur le fait que celle-ci débute ici par une phase régressive au Siegenien supérieur ou moyen à *Acrospirifer rousseaui* et *Costispirifer trigeri*, comme à l'Ouest de l'Anti-Atlas et aboutit probablement à une lacune de sédimentation au début de l'Emsien. Enfin, avec l'Emsien supérieur, débute un nouveau cycle sédimentaire transgressif. Le point qui apparaît le plus important est que cette comparaison avec le Maroc n'autorise pas à fermer, à l'Ouest, la fosse géosynclinal au Siegenien. Au contraire, il semble que c'est vers l'Ouest que les puissances sont les plus fortes. Si l'on ne connaît plus le Dévonien inférieur au-delà de Sekken et de Dhlou, cela peut être dû simplement au relèvement des axes de la chaîne hercynienne, d'où une érosion plus profonde de celle-ci.

En revanche à l'Emsien, la série est plus puissante vers le coude du Dra (350 m) qu'à l'embouchure de cet oued (135 m) et surtout que dans le Zemmour (10 à 20 m ?). A cette époque, des hauts fonds et même des régions émergées devaient exister dans l'extrême Ouest du Sahara.

2° Corrélations avec le bord Sud du synclinal de Tindouf

Pour ces comparaisons, nous nous référerons aux travaux de N. MENCHIKOFF (1930, 1949), de P. GEVIN (1948, 1960 [1958]), de M. ALIA MEDINA (1949a) et de J. BOROCO et J. R. LEFÈVRE (1955). Les affleurements étudiés par ces auteurs sont de direction est-ouest et viennent en continuité avec ceux du Zemmour. D'après P. GEVIN, c'est au 6^e méridien ouest que la série du Dévonien inférieur est la plus mince sur le bord sud du bassin de Tindouf : 65 m; elle augmente ensuite régulièrement vers l'Ouest, 110 m à Djebilet et 215 m au 9^e méridien. De même, à l'Est, elle atteindrait 220 m à Bou Bernous.

On se trouve donc ici sur la bordure sud du géosynclinal du Dra; les faciès sont moins épais. La série est très comparable à celle du Zemmour et très certainement en continuité avec elle. Le Gedinnien est mal caractérisé, mais l'association de plusieurs *Digonus* et de *Spirifer sulcatus* pourrait bien lui appartenir. Ce Gedinnien douteux est suivi par un Siegenien inférieur schisteux se terminant par des niveaux à *Acrospirifer rousseaui*, puis par un Siegenien supérieur gréseux à *A. primaevus* et *A. fallax*.

L'Emsien est constitué par un ensemble de grès plus grossiers à *A. pellico* et *A. fallax*, qui comporte l'épisode ferrugineux oolithique de la Gara Djebilet.

Comme au Zemmour, les grès apparaissent approximativement au niveau à *A. rousseaui*, ou peut-être un peu plus tard. Le niveau ferrugineux de Djebilet (Emsien) est plus récent que le niveau ferrugineux du Zemmour (42). Toutefois, à Djebilet, il existe un autre niveau du même genre vers la base du Siegenien, dans une position comparable à notre niveau 42; et au Zemmour, on connaît à Aïdiat un mince niveau ferrugineux dans l'Emsien. Enfin, à Bou Bernous, l'oolithe ferrugineuse se développe près du mur du Dévonien inférieur (P. GEVIN, 1960 [1958], p. 124).

Mais le Siegenien semble plus variable sur la bordure sud du bassin de Tindouf; les niveaux gréseux sont plus irréguliers. Ceci s'accorde bien avec une moindre profondeur des dépôts siegeniens et surtout avec une plus grande proximité des côtes. P. GEVIN signale des passées conglomératiques assez fréquentes dans le Dévonien inférieur, mais ne précise pas si les « galets » ont la même nature phosphatée que dans le Zemmour.

En résumé, sur la bordure sud du bassin de Tindouf, le Dévonien inférieur est plus côtier qu'au Zemmour, mais l'Emsien y est plus développé.

3° Corrélations avec les autres régions du Sud-algérien

Le Dévonien inférieur est connu en de nombreux points du Sahara algérien et a été notamment étudié par N. MENCHIKOFF (1930) et D. LE MAITRE (1952a, 1952b) dans la Saoura et les Monts d'Ougarta; dans l'Ahnet et le Mouydir par J. FOLLOT (1952) et sur le pourtour du bassin Erg Chech - Tanezrouft par les géologues du B.R.P. (1956), dans le Touat et l'Azzel Matti. Aucune synthèse d'ensemble de ces travaux n'étant encore parue, il est difficile d'en dégager les grandes lignes.

Comme nous l'avons vu lors de l'étude paléontologique, la faune du Dévonien inférieur de la Saoura présente de nombreux points communs avec celle du Zemmour. On retrouve les successions faunistiques, mais tout de même avec des variations : *Costispirifer trigeri* est plus bas que *Acrospirifer rousseaui*, et *A. fallax* est associé à *A. paradoxus*.

Le Gedinnien n'est pas caractérisé : les faciès gréseux débutent avec le Siegenien inférieur. On ne trouve pas le faciès des schistes et lumachelles à *Uncinulus oehlerti*. Cette espèce se rencontre, mais dans des faciès déjà grésocalcaires. Il semble y avoir un décalage dans le temps, les faciès plus franchement marins apparaissant plus tôt qu'au Zemmour, comme l'indiquent la nature gréseuse du Siegenien inférieur et l'apparition de calcaires à Polypiers et Nautiloïdés dès l'Emsien inférieur. Ce type de calcaire est très rare au Zemmour avant le Couvinien supérieur. On peut toutefois y attribuer le calcaire à Orthocères du niveau 62, situé au-dessous de la lumachelle à *Acrospirifer paradoxus-pellico*. Dans la Saoura et les chaînes d'Ougarta, le faciès calcaire marin à Polypiers et Nautiloïdés s'installe donc dès l'Emsien. Là comme au Zemmour, on note des nodules phosphatés dans le Dévonien inférieur. Toutefois la puissance de la série diminue de moitié du Nord au Sud, du « km 30 » à l'Erg Djemel (D. LE MAITRE, 1952a), le Siegenien passant de 400 à 220 m, l'Emsien de 300 à 150 m et le Dévonien inférieur de 700 à 370 m. En ce qui concerne le Dévonien inférieur, les faciès réputés profonds du sillon de la Saoura ne sont donc pas tellement plus puissants que dans le Zemmour où, rappelons-le, le Dévonien inférieur a 320 m.

Vers le Touat (C. SALLÉ, etc., 1956), la série s'amincit encore : Dévonien inférieur de 200 m, dont seulement 30 m d'Emsien. Mais le Siegenien reprend un peu de puissance (235 m) plus au Sud, dans l'Azzel Matti, alors que l'Emsien y est réduit à 15 m. Les faciès sont gréseux à la base, puis deviennent marneux.

Plus à l'Est, dans l'Ahnet et le Mouydir (J. FOLLOT, 1952), le Dévonien inférieur est transgressif vers l'Est. Dans l'Ahnet, il est gréseux mais marin; plus à l'Est, dans le Mouydir, le Siegenien est constitué de grès continentaux et ce n'est qu'avec la transgression emsienne qu'apparaissent conglomérat et grès marins à *Acrospirifer paradoxus*. C. KILIAN (1935) avait déjà signalé l'existence de mouvements calédoniens au Sahara. J. FOLLOT (1952) a décrit ces plissements d'orientation est-ouest repris et hachés par les plissements hercyniens nord-sud. Donc un autre môle émergé existait dans

le Mouydir à l'aurore du Dévonien, et explique le caractère gréseux des dépôts dès le Siegenien inférieur, jusque dans l'Azzel Matti et l'Ahnet. Là encore l'Emsien présente un caractère transgressif. Son épaisseur est souvent fort réduite.

Plus à l'Est, J.-M. FREULON (thèse, 1959) a étudié le Paléozoïque du Tassili N'Ajjer et du Fezzan. Le Dévonien, assez complet à l'Ouest, est réduit à l'Est (Fezzan) à un Givetien à *Sp. ascendens*.

Au-dessus des argiles gotlandiennes, 300 à 400 m de grès grossiers azoïques à stratification entrecroisée sont recouverts par la transgression emsienne qui a déposé des grès argileux à *Sp. arduennensis*, *Acrospirifer pellico*, *Tropidoleptus*, etc... Au Tassili N'Ajjer, les conditions sont donc très voisines de celles du Mouydir, et la transgression emsienne prend dès lors un caractère assez général sur une grande partie du Sahara : on la retrouve même au Sud du massif de l'Ahaggar, dans les Tassilis Oua-N-Ahaggar, où elle a été récemment signalée par L. LESSARD (1959).

4° Corrélations avec l'Afrique occidentale

Le Dévonien inférieur est connu dans l'Adrar mauritanien par les travaux de F. JACQUET, Th. MONOD (1952a) et D. LE MAITRE (1952c). Il a été découvert par F. JACQUET (F. JACQUET et Th. MONOD, 1935) qui y a reconnu un Emsien constitué de grès et schistes à *Sp. arduennensis*, *Sp. daleidensis* et *Rhynchonella* cf. *dannenbergi*. Sa puissance, qui n'est pas précisée dans le travail de Th. MONOD, doit être assez faible, puisque cet auteur attribue une cinquantaine de mètres à l'ensemble du Dévonien. Le Dévonien inférieur est représenté dans l'Adrar par les grès d'Aouinet Zbel définis par Th. MONOD (1949, p. 412) (*Lex. strat.*, 1956, vol. IV, fasc. 2, p. 10). Ce sont des grès grossiers sableux ferrugineux à *Spirifer hystericus*, *Sp. primaevus*, *Sp. solitarius* et *Sp. bischofi*. Ils indiquent un faciès très littoral, et sont d'âge siegenien certain et plutôt inférieur ou moyen (D. LE MAITRE, 1952c, p. 308).

Les quartzites de Grara Hassi Atile ont une position stratigraphique plus discutée. D'après D. LE MAITRE (*ibid.*), ils contiennent une faune siegenienne ou emsienne (Coblencien). Considérés successivement par Th. MONOD comme de l'Eifelien supérieur (1949), comme de l'Emsien (1952a), puis leur position stratigraphique ayant été mise en doute lors de l'excursion D 10 du Congrès international d'Alger (Th. MONOD, 1956, p. 646-647), nous ne tiendrons pas compte de ces grès qui nécessitent un complément d'étude.

On peut donc dire que dans l'Adrar, le Siegenien est très gréseux et littoral et qu'il s'agit probablement de la partie inférieure ou moyenne de l'étage. La série, étant mince, présente certainement des lacunes, et il semble bien que la mer se soit retirée de l'Adrar au moment où au Zemmour elle manifestait des signes de régression, c'est-à-dire à la partie supérieure du Siegenien ou à l'Emsien inférieur. Nous ne pouvons donc dire pour l'instant si la transgression de l'Emsien supérieur a atteint cette région, puisque l'on n'y connaît pas la faune à *Sp. pellico*.

Dans le synclinal de Taoudenni, le Dévonien inférieur ne semble pas encore connu. Il faudra attendre la publication des travaux de J. VILLEMUR pour savoir si, sous les riches faunes du Dévonien moyen, existent des faunes éodévonniennes.

C. — PALÉOGÉOGRAPHIE DU DÉVONIEN INFÉRIEUR

Ce bref aperçu de la stratigraphie du Dévonien inférieur au Maroc et au Sahara occidental nous montre donc, après une transgression très générale au Gotlandien, une tendance régressive au Dévonien inférieur, qui semble liée aux mouvements calédoniens du Maroc, mais qui ne se produit pas partout au même moment. A l'Ouest on distingue nettement deux phases régressives, la première à la limite Gotlandien-Gedinnien (Zemmour et embouchure du Dra), la seconde vers la fin du Siegenien et qui semble aboutir au Zemmour à une lacune de l'Emsien inférieur. Une nouvelle transgression survient à l'Emsien supérieur.

Au Siegenien, c'est vers l'embouchure de l'Oued Dra et peut-être dans la partie occidentale du Zemmour que se situe l'accumulation maximale de sédiments et l'on ne connaît pas la fermeture de ce géosynclinal vers l'Ouest. A l'Emsien, au contraire, le cœur du géosynclinal semble se déplacer plus à l'Est. La région sud de Tindouf, placée sur le bord de ce géosynclinal du Dra, semble plus proche des côtes, ce qui peut expliquer l'irrégularité des dépôts et l'accumulation locale du fer.

Vers la Saoura, on entre dans une deuxième zone subsidente, mais où le régime régressif gréseux s'installe dès le début du Siegenien, tandis qu'au Siegenien supérieur l'approfondissement de la mer apparaît déjà, donnant des faciès calcaires à Nautiloïdes, faciès qui, au Zemmour, n'apparaîtront qu'au Couvinien supérieur. Dans le Touat, l'Azzel Matti et l'Ahnet, le Siegenien est marin mais gréseux, car on s'approche du môle émergé du Mouydir. L'Emsien, ici encore, est transgressif, puisqu'il recouvre même le Mouydir de sédiments marins.

Au Nord du Sous apparaît une large zone émergée, la chaîne calédonienne, dont la destruction donne le remplissage gréseux du sillon préafricain. En bordure nord de cette chaîne, on retrouve des faciès côtiers et même, un peu plus au large, des faciès récifaux siegeniens (dans la Chaouïa).

Dans cet ensemble, le Zemmour se place au Siegenien en bordure méridionale du géosynclinal du Dra, mais dans une zone où l'accumulation est déjà relativement importante au Siegenien inférieur. Au Siegenien supérieur, les faciès deviennent plus grossiers, comme dans l'Ouest du bassin du Dra; le centre de la fosse se déplace vers l'Est, au coude du Dra. A l'Emsien inférieur, le Zemmour est peut-être même émergé, pendant qu'au centre du bassin du Dra la sédimentation gréseuse s'établit. Avec l'Emsien supérieur la transgression marine envahit à nouveau le Sud du Zemmour.

Les faciès très littoraux de l'Adrar mauritanien, l'absence de faunes éodévoniennes connues sur le bord nord du bassin de Taoudenni, les faciès côtiers du Sud du bassin de Tindouf sont des arguments en faveur de la thèse d'une émergence, à cette époque, de la Dorsale reguibat.

D. — RAPPORTS AVEC DES RÉGIONS LOINTAINES

Les faciès du Dévonien inférieur du Zemmour rappellent ceux d'Europe moyenne dans la zone des faciès ardennais (ou schisto-gréseux). L'esquisse paléogéographique précédente l'explique facilement : le Sahara occidental est le symétrique isopique de la zone ardennaise, de l'autre côté du grand géosynclinal méditerranéen; les bassins du Dra et de la Saoura ne sont que des avant-fosses séparées de la zone méditerranéenne par la chaîne calédonienne atlasique. Au Sud, on retrouve un grand continent qui débute à la Dorsale reguibat et au Mouydir, et qui n'est envahi par des mers épicontinentales qu'à certaines époques (Siegenien gréseux de l'Adrar, Emsien du Mouydir). Il n'est donc pas étonnant de retrouver des faciès analogues : grès calcaires, lumachelles de Brachiopodes, grauwackes).

Du point de vue paléontologique, nous avons vu que la faune du Zemmour avait beaucoup d'affinités avec la faune de Bretagne et surtout avec celles de l'Ardenne et du Massif schisteux rhénan. De nombreux fossiles sont communs, notamment des Spirifers, ce qui autorise des corrélations assez étroites. En revanche la faune a moins d'affinités avec la faune de Bohême qu'à l'époque gotlandienne. En effet au Dévonien inférieur (Etage F de BARRANDE), le faciès de Koņeprusy est récifal et le caractère de sa faune en est profondément marqué.

Dans le tableau n° 28, j'ai proposé un essai de corrélations de la stratigraphie du Zemmour avec celles des régions européennes les plus semblables, c'est-à-dire le Massif armoricain, l'Ardenne et le Nord du Massif schisteux rhénan. Dans l'Ardenne et le Massif schisteux rhénan, le Dévonien inférieur est complet. Toutefois vers le Nord, en bordure du continent, on assiste à des lacunes analogues à celles que nous avons observées au Zemmour : dans le Sauerland par exemple, l'Emsien est transgressif et incomplet à sa base. L'étude des faunes a montré une prédominance des espèces ardennaises et rhénanes. Une espèce est typiquement espagnole. On ne relève pas d'espèce purement américaine, contrairement à ce qu'a observé D. LE MAITRE (1944) au SW de Taouz, dans la faune coblencienne de Haci Remlia.

	NORMANDIE	ANJOU	ARDENNE (bassin de Dinant)	N. Eifel et SIEGERLAND	SAUERLAND	ZEMMOUR
COUVINIEN INFÉRIEUR		Schistes et calcaires de Pont-Maillet <u>p.p.</u>	Assise de Bure à <u>Sp. cultrifugatus</u> <u>Sp. paradoxus</u> <u>U. Orbignyana</u>	Schistes inférieurs de la Lenne <u>Cultrifugatus</u> Schichten		Grès de Tighirt à <u>Sp. cultrifugatus</u> et <u>U. lodanensis</u> (niv. 67-78)
EMSIEN		Calcaire d'Erbray à <u>Spirifer decheni</u> <u>Spirifer paradoxus</u> <u>Spirifer trigleri</u>	Grauwacke d'Hierges à <u>Spirifer auriculatus</u> et <u>Sp. paradoxus</u>	Oberkoblenzstufe : Grauwacke à <u>Sp. paradoxus</u> <u>Sp. arduennensis</u> <u>Trop. Phenanus</u>	Kemseiderschichten Rimmertschichten	Lumachelle des Oudei Askaf à <u>Spirifer auriculatus</u> <u>Spirifer paradoxus pellico</u> et <u>Ucinulus kavseri</u> (niv. 61-66)
SUPÉRIEUR			Grès et schistes rouges de Winenne (= Foudingue de Burnot)			
EMSIEN			Grès de Vireux à Psilophytales et rares <u>Sp. pellico</u>	Unterkoblenzstufe : Grauwacke à <u>Spirifer</u> <u>hercyniae</u>		
INFÉRIEUR						
SIEGENIEN SUPÉRIEUR (HUNSÜCKIEN)	Calcaire de Néhou et Schistes à <u>Athyris</u> <u>undata</u>	Calcaire de Vern à <u>Athyris undata</u> <u>Spirifer rousseaui</u>	Grauwacke de Montigny à <u>Spirifer trigleri</u> <u>Spirifer primaevus</u> <u>Spirifer paradoxus</u>	Siegenstufe : à <u>Sp. primaevus</u> 3. Herdorfschichten	lacune	Lumachelles à <u>Sp. fallax-</u> <u>primaevus</u> et <u>Straelenia papi-</u> <u>lio</u> (niv. 52-60) Grès à <u>Chonetes</u> (niv. 47-51) Zone à <u>Spirifer rousseaui</u> , <u>Sp. trigleri</u> et <u>Sp. bischofi</u> (niv. 44-46)
SIEGENIEN INFÉRIEUR (TAUNUSIEN)	Grès ferrugineux de Landevennec à <u>Orthis monnieri</u>	Grès à <u>Dalmanella</u> (<u>Orthis</u>) <u>monnieri</u>	Grès d'Anor à <u>Spirifer primaevus</u> <u>Kennsleria crassa-</u> <u>sicosta</u> <u>Pleurodictyum</u> <u>problematicum</u>	2. Raubflaserschichten		Zone des schistes et dalles calcaires à <u>Ucinulus oehlerti</u> (niv. 32-43)
GEDINNIEN SUPÉRIEUR	Schistes et quartzites de Floucastel à <u>Homalonotus lehiri</u>	Schistes et quartzites de Derval	Schistes d'Oignies	?	Bunte Ebbschichten (Couches bigarrées d'Ebbe)	Argiles à Ostracodes (niv. 31) ?

TABLEAU n° 28

Essai de corrélations des formations du Dévonien inférieur du Zemmour avec celles de l'Europe moyenne

Les faunes éodévoniennes de l'Europe moyenne et de la partie sud du bassin du Dra ont suffisamment d'affinités pour que l'on puisse affirmer que les communications entre ces deux domaines étaient faciles à cette époque, et que la chaîne calédonienne marocaine ne constituait pas un obstacle infranchissable.

CINQUIÈME PARTIE

LE DÉVONIEN MOYEN

INTRODUCTION

Historique.

Le Dévonien moyen, par suite de sa richesse en fossiles, est la première partie du système à avoir été identifiée au Zemmour. En 1913, le colonel MOURET a rapporté de son raid à Smara une faune provenant du massif de la Guelta du Zemmour. Déterminée par H. DOUVILLÉ, cette faune a été attribuée au Dévonien (R. CHUDEAU, 1918). Revue par N. MENCHIKOFF (1935), elle comportait : *Cyathophyllum*, *Zaphrentis*, *Favosites*, *Atrypa reticularis*, *Leptaena rhomboidalis*, *Schizophoria striatula*, *Productella productoides*, etc, et a été rapportée par cet auteur au Dévonien moyen.

En 1935, N. MENCHIKOFF détermine et publie une faune récoltée par le colonel BOUTEIL à 25 km à l'ENE de la Guelta du Zemmour (ce qui situe ce gisement vraisemblablement dans le bassin versant de l'Oued Timellouza, approximativement dans le coin sud-ouest de la feuille Bir Aïdiat au 50 000^e), faune qui comporte : *Zaphrentis*, *Favosites*, *Spirifer*, *Atrypa reticularis*, *Orthis* cf. *orbicularis*, *Chonetes*, *Productella subaculeata*, Gastéropodes, Orthocères, Crinoïdes, et surtout *Anarcestes rouvillei* (= *Werneroceras crispiforme*) précédemment signalé dans le Givetien inférieur de la Saoura. Ces deux faunes permettaient donc d'affirmer dès cette époque la présence au Zemmour du Dévonien moyen, et notamment du Givetien inférieur.

A la suite de sa tournée de 1936, F. JACQUET écrit que des grès massifs attribués au Dévonien supérieur « recouvrent des couches à *Spirifer* cf. *elegans* sous lesquelles des niveaux plus calcaires contiennent : *Calceola sandalina*, *Atrypa reticularis*, *Orthis orbicularis*, *Productella subaculeata*... ». « Une zone de faciès profonds, type Saoura, atteint le massif de la Guelta au Givetien ». En 1937, il précise que « les coupes du Zemmour ne dépassent pas le Dévonien moyen. Dans ce Dévonien moyen, les faciès néritiques à *Spirifer* sont peu à peu relayés vers le Sud-Ouest par des faciès très littoraux où les Polypiers sont en extrême abondance comme dans le Givetien du Pays Méchems. Au Zemmour, l'Eifelien seul paraît bien caractérisé, les faciès à *Spirifer* y alternant avec les faciès à Polypiers ».

Les travaux de F. JACQUET, repris en 1942 par N. MENCHIKOFF et M. NICKLÈS dans une note posthume, signalent un Dévonien moyen à *Calceola sandalina*, *Favosites*, *Alveolites* et *Cleistopora*, ce dernier genre indiquant un Eifelien très inférieur. Dans cette note, les auteurs rappellent la découverte par F. JACQUET d'un atoll de 50 m de hauteur. Ils arrivent à la conclusion suivante : « Dès la base du Dévonien moyen se produit un changement de faciès, les grès font place à des marnes et à des calcaires récifaux riches en Polypiers et en Tabulés; c'est un fait assez général dans tout le Nord du Sahara occidental ». Nous verrons plus loin qu'en réalité les faciès gréseux se poursuivent pendant tout le Couvinien inférieur.

Enfin les travaux de M. ALIA MEDINA (1949b, p. 317) sur la région sud sont purement biblio-

graphiques et utilisent les documents précédents. En revanche cet auteur a observé (1949a, p. 46-64) le Dévonien moyen à l'Est des Gor Morehbat sur l'itinéraire Smara - el Rgheoua, et sur la bordure sud du bassin de Tindouf, dans les Dala Bensaca et Ternit. Il attribue à l'Eifelien les faunes à *C. sandalina* (p. 64) rencontrées en ces points et également dans le massif de l'Amgala, la Daïa Hambra et les Gour Aïn Terguit. Mais les mesures effectuées sur l'angle apical des Calcéoles par M.-T. RODRIGUEZ MELLADO (1948) ont conduit à attribuer celles des Gour Morehba au Givetien. M. ALIA MEDINA (1949a, p. 67) montre que le Dévonien moyen du bord sud du synclinal de Tindouf a un caractère beaucoup plus récifal que celui du bord nord. Mais si le Dévonien moyen est connu au Zemmour depuis 1935, aucune stratigraphie précise n'en a été donnée jusqu'à maintenant.

Zones d'affleurements.

Le Dévonien moyen du Zemmour affleure en de nombreux points et les structures de la zone plissée le font réapparaître un grand nombre de fois. On ne le retrouve pas, comme le Gotlandien ou même le Dévonien inférieur, en synclinaux effondrés à l'Est de la zone monoclinale (le cœur du synclinal de l'Oumat Chaggag s'arrête au Dévonien inférieur).

1° Il affleure en une bande NNE-SSW, largement développée au Sahara espagnol à l'Est et au SE de Smara, et qui se rétrécit progressivement vers le Sud. Cette bande comporte la région de Lefreïrina, la grande vallée de l'Oued Aïn Terguit, la base de la falaise de l'Amgala, la falaise de Tighirt. Elle se réduit, au Sud de ce point d'eau, par relèvement des couches, dans la région des Agueli Oudiate el Khyam. Plus au Sud, cette bande ne comporte plus que la partie inférieure (Couvinien et Givetien inférieur), à Douik Çreïer, puis à Bir Aïdiat. Plus au Sud encore, on retrouve le Dévonien moyen complet dans le synclinal des Oudeï Askaf.

2° A l'Ouest, cette bande monoclinale fait place à une zone fortement plissée dans laquelle les cœurs anticlinaux sont souvent constitués par du Dévonien moyen (grès du Couvinien inférieur, marnes et calcaires du Givetien) ramené ainsi à la surface par la tectonique. C'est le cas de la région située à l'Ouest de Smara, de la partie occidentale de l'Amgala, de la région de Douik el Akhdhar et des Oudiate el Khyam. On retrouve ce Dévonien moyen très fortement plissé sous le massif crétacé d'Aïdiat.

Plus à l'Ouest, les axes anticlinaux se relèvent et dans la zone plissée de Douik el Abiodh, il semble que le Dévonien moyen devienne plus rare (cette zone n'a pas encore été levée en détail). Enfin il n'a pas été observé plus à l'Ouest, dans les zones synclinales de la chaîne de Dhlou, où les terrains les plus jeunes connus pour l'instant appartiennent au Ludlow, et, à plus forte raison, à l'Ouest de cette chaîne.

Vers le SW, il est difficile de dire jusqu'où se poursuivent les affleurements de Dévonien moyen. Encore largement développés dans l'Oued Timellouza, je ne les ai pas observés lors d'un itinéraire rapide de la Guelta à Jebeïlat par l'Oued Feïda. Ils pourraient donc s'arrêter au Sud, pour des raisons tectoniques, vers le 25° parallèle.

CHAPITRE I

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE

A. — DESCRIPTION DES COUPES

Après un Dévonien inférieur argileux à la base et gréseux vers le sommet, la série dévonienne se poursuit par un Dévonien moyen qui est d'abord à dominance argilo-gréseuse pendant le Couvinien inférieur. Au Couvinien supérieur survient un assez brusque changement de faciès, avec apparition de marno-calcaires très fossilifères. Cette tendance marneuse se continue au Givetien avec intercalations de calcaires à caractère récifal. Vers le sommet du Givetien, quelques bancs détritiques réapparaissent, annonçant déjà les faciès du Dévonien supérieur.

Dans la zone monoclinale de l'Est, les coupes montrant la totalité de la série du Dévonien moyen sont rares à cause des recouvrements récents qui masquent généralement les faciès marneux ou argileux. Dans la zone plissée (Amgala, Douik el Akhdhar, bassin des Oudiate el Khyam), les coupes sont souvent plus belles, mais les pendages étant accusés, les gisements fossilifères ne sont pas étalés, et par suite ne livrent que les espèces les plus abondantes ou banales; il arrive même qu'ils échappent à l'observation.

Nous décrirons successivement quatre coupes du Nord au Sud :

1° *Coupe d'Aguelte Nebka et Amgli el Harra* (Coupe F₅)

2° *Coupe de Tighirt* (Coupe E₄)

3° *Coupe de Douik Çreïer* (Coupe D₁₂)

4° *Coupe de Bir Aïdiate* (Coupe B₅)

auxquelles nous ajouterons des observations complémentaires sur des coupes fragmentaires (Aguelte Oudiate el Khyam, synclinal des Oudeï Askaf, etc.).

1° *Coupe du Dévonien moyen d'Aguelte Nebka et d'Amgli el Harra* (Coupe F₅)

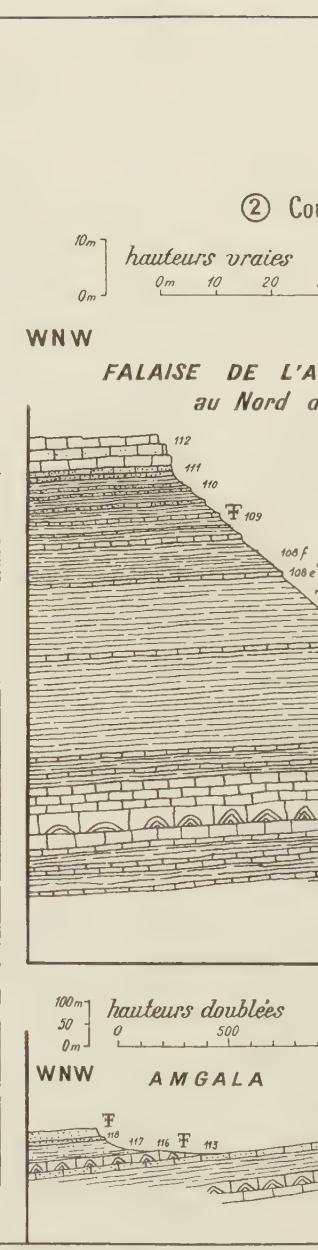
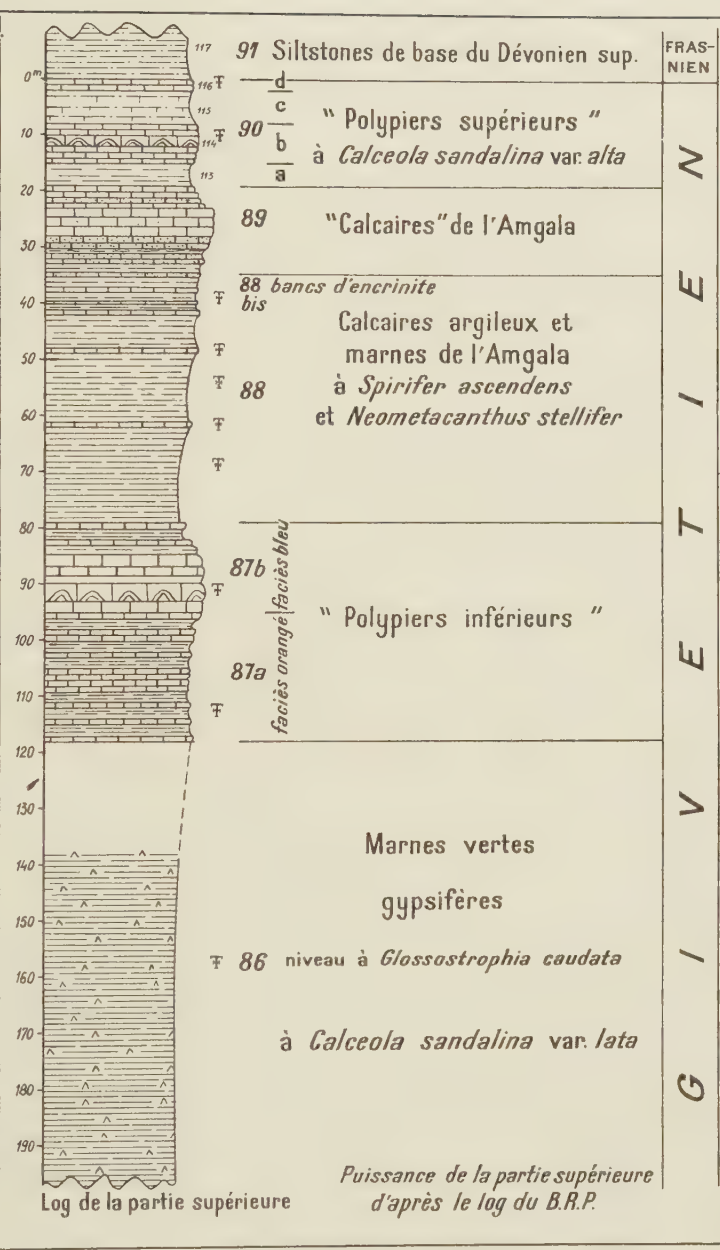
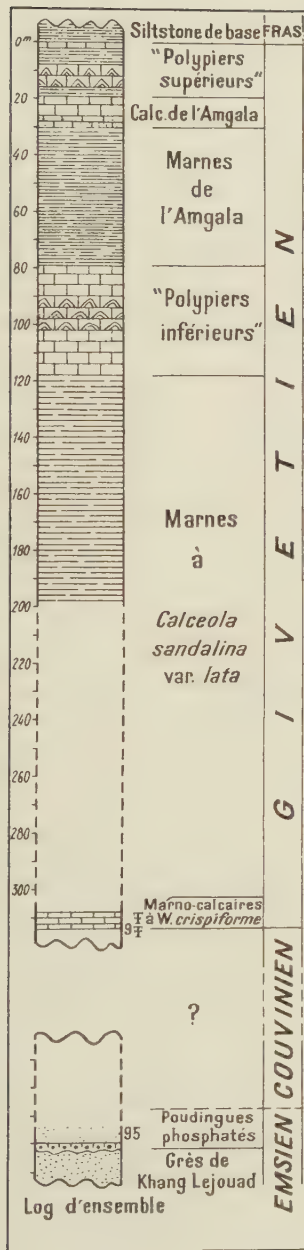
Cette coupe vient à la suite de la coupe F₄ (p. 297). Elle part de Khang Lejouad à l'Est et va jusqu'au Nord d'Aguelte Amgli el Harra, point d'eau situé à l'endroit où l'oued du même nom traverse la falaise de l'Amgala. Cette coupe passe un peu au Sud d'Aguelte Nebka, point d'eau situé dans le grand Oued Aïn Terguit (fig. 65).

La partie inférieure de la coupe est presque entièrement masquée par les alluvions et les terrasses de l'Oued Aïn Terguit. Toutefois à 1 km au SSE d'Aguelte Nebka affleurent des marno-calcaires qui contiennent une belle faune de Goniatis (gisement 343).

Niv.	Puissance	Réf. c. s.	Coupe F ₅ : Description des niveaux	Ech.
118	8 m	92	Petite corniche de siltstone calcaire micacé un peu chloriteux et ferrugineux, en plaquettes, à empreintes de <i>Tropidoleptus carinatus</i> et de Crinoïdes, et à traces de pistes, plus franchement calcaire vers la base (21618).	360 A 360 21618
117	26 m	91	Talus de siltstones fins chloriteux micacés, plus ou moins calcaires et argileux (argileux surtout vers la base : 21617), schisteux, verdâtres, azoïques, avec à la base quelques rares <i>Leptaena rhomboidalis</i> .	21619 359 368 21617
116	2 m env.	90d	Calcaire un peu ferrugineux gris bleu, à nombreux débris de Bryozoaires, de Polypiers, Brachiopodes, Crinoïdes, Trilobites, Tentaculites et Ostracodes, constituant un véritable biostrome, à <i>Atrypa aspera</i> , <i>A. reticularis</i> (var. à grosses côtes), <i>Atrypa</i> sp., <i>Leptaena rhomboidalis</i> et à nombreux Polypiers où dominant les <i>Lithophyllum</i> , avec rares <i>Calceola sandalina</i> var. <i>alta</i> ($\alpha = 55^\circ$).	21616 367
115	6 m env.	90c	Siltstone calcaire un peu argileux et micacé (aspect de marne silteuse), schisteux, verdâtre, à Ostracodes, Eoptéropodes et à débris de Brachiopodes et Crinoïdes, alternant avec des marnes et calcaires lumachelliques argileux et ferrugineux silteux jaunes, à Bryozoaires, Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes, Crinoïdes et Tentaculites, riche en <i>Schuchertella</i> cf. <i>umbracula</i> .	21615 366
114	7 m env.	90b	Bancs de calcaires gris verdâtre, à patine bleue, argileux, à débris de Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes, Crinoïdes, très riches en Polypiers et Bryozoaires, constituant un véritable biostrome, avec de petits massifs de Tabulés reposant souvent sur des lits de Bryozoaires.	21614
113	4 m env.	90a	Siltstones calcaires micacés, un peu argileux, jaune verdâtre.	
112	11 m	89	Calcaire silteux brun, à patine rousse ou orangée, contenant quelques rares fossiles analogues à ceux du niveau 108 b.	
			Calcaire silteux en dalles de 20 cm de puissance, à patine bleue, avec des passées d'encrinites à très fins débris de Crinoïdes.	
111			Calcaire silteux et siltstones calcaires à patine orangée, à ripplemarks, à fine stratification entrecroisée, à rares fossiles : <i>Camarotoechia</i> cf. <i>osculum</i> et Encrines, constituant la crête de la falaise de l'Amgala.	21611 21609
110	5 m		Alternance de marnes et de bancs de siltstones calcaires.	
109	7 m	88 bis et 88	Marnes silteuses verdâtres ou blanchâtres, alternant avec de petits bancs d'encrinite calcaire brune, certains lits très riches en Brachiopodes et en <i>Tentaculites zemmourensis</i> (<i>idem</i> Pl. XLVIII, fig. 14), contenant la même faune que les marnes sous-jacentes.	21610 346 B 346 NA
108	37 m	88	Marnes silteuses ou pélitiques (et calcaires argileux à aspect de marne) vertes ou gris verdâtre, plus ou moins micacées, formant le talus de la falaise de l'Amgala, comportant de haut en bas : f. des calcaires argileux et marnes silteuses azoïques.	

Niv.	Puissance	Réf. c. s.	Coupe F ₅ : Description des niveaux (suite)	Ech.
108 (suite)		88	e. un niveau (0,10 m) très riche en Polypiers, dont notamment <i>Lithophyllum</i> (= <i>Zonophyllum</i>) sp. e.g. <i>septatum</i>. d. un niveau à Trilobites, toujours à quelques mètres au-dessus de la faune principale, ayant livré <i>Neometacanthus stellifer</i>. c. un banc un peu plus calcaire très riche en Polypiers (0,20 m). b. le niveau fossilifère principal (« faune des marnes de l'Amgala ») à <i>Lithophyllum</i> (= <i>Zonophyllum</i>) sp. e.g. <i>septatum</i>, <i>L. tabulatum</i>, <i>Digonophyllum</i> (<i>Glossophyllum</i>) sp. e.g. <i>dohmi</i>, <i>Aulopora serpens</i>, <i>Spirifer</i> cf. <i>undiferus</i>, <i>Spirifer</i> (<i>Spinocyrtia</i>) <i>ascendens</i> var. <i>zemmourensis</i>, <i>Cyrtina heteroclyta</i>, <i>Athyris spiriferoides</i>, <i>Camarotoechia</i> cf. <i>osculum</i>, <i>Atrypa reticularis</i>, <i>Leptaena rhomboidalis</i>, <i>Schizophoria striatula</i>, <i>Schuchertella</i> sp. e.g. <i>umbracula</i>, <i>Tropidoleptus carinatus</i>, <i>Chonetes</i> sp. e.g. <i>minutus</i>, <i>Chonetes coronatus</i> var. <i>zemmourensis</i>, <i>Gypidula</i> sp. e.g. <i>brevirostris</i> (rare), etc. a. des marnes vertes silteuses azoïques, s'enrichissant vers le bas en niveaux calcaires de 0,10 à 0,15 m de puissance, contenant des débris de Crinoïdes.	21608 21607 21606 422 346 A
107	5 m	87b	Alternance de bancs marneux et de bancs de calcaire silteux semi-cristallin gris bleu, à débris de Crinoïdes très abondants et de Bryozoaires, Brachiopodes et Ostracodes.	21605
106	10 m		Calcaire massif microcristallin silteux un peu micacé, à fines stratifications entrecroisées et à niveaux bréchiques, à Bryozoaires, Polypiers, Brachiopodes, Gastéropodes et Ostracodes : <i>Aulacophyllum</i> sp., <i>Disphyllum</i> (<i>Phacellophyllum</i>) <i>coespitosum</i>, <i>Disphyllum</i> cf. <i>goldfussi</i>, <i>Philipsastraea</i> sp. nov., <i>Prismatophyllum</i> (<i>Stenophyllum</i> ?) sp. e.g. <i>boloniense</i>, <i>Lithophyllum</i> cf. <i>tabulatum</i>, <i>Uncinulus</i> sp., <i>Atrypa aspera</i> (très abondante), <i>A. reticularis</i>, <i>Aulacella</i> sp. e.g. <i>interlineata</i>. Vers la base, petites coupoles pouvant atteindre 2 m de diamètre, de <i>Prismatophyllum</i> (<i>Hexagonaria</i>) <i>helianthoides</i>.	21604 21603 21602 370 345
105	1 m		A la base, bancs massifs de calcaire microcristallin légèrement silteux gris bleu (calcaire construit), à débris de Bryozoaires (<i>Fenestellidae</i>), Polypiers, Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes et Eoptéropodes.	21601
104	20 m	87a	Masse inférieure à patine orangée, rousse ou jaunâtre, de calcaires construits très riches en Polypiers dont : <i>Heliolites</i> sp. e.g. <i>porosus</i>, <i>Favosites</i> sp. e.g. <i>goldfussi</i>, <i>Striatopora</i> cf. <i>magna</i>, <i>Thamnopora</i> sp. e.g. <i>boloniensis</i>, <i>Th.</i> cf. <i>reticulata</i>, <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> (assez rare). Vers la base, les calcaires sont en bancs séparés par des lits marneux et, en plus des Bryozoaires et des Polypiers, comportent des Brachiopodes, des moules de Gastéropodes (<i>Euomphalus</i> sp.) et des pygidia de <i>Phacops</i> : <i>Cyrtina</i> sp., <i>Athyris spiriferoides</i>, <i>Uncinulus parallelepipedus</i>, <i>Atrypa reticularis</i>, <i>Leptaena rhomboidalis</i>, <i>Schizophoria striatula</i>, <i>Rhipidomella</i> sp. e.g. <i>vanuxemi</i>, <i>Isorthis</i> sp., <i>Chonetes minutus</i>, <i>Gypidula</i> sp. e.g. <i>galeata</i>.	21600 369

Niv.	Puissance	Réf. c. s.	Coupe F ₅ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
103	3 m	87a	A la base : bancs de calcaire silteux micacé (caractère plus franchement détritique) microgranulaire brun jaune, très riche en Bryozoaires et à débris de Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes et Crinoïdes.	21599
102	80 m	86	Zone masquée par les alluvions de l'Oued Amgli el Harra, correspondant à la partie supérieure des marnes.	
101			Marnes silteuses légèrement micacées (ou pélitiques) vertes, très riches en gypse, à très fins débris calcaires, à Polypiers isolés, Brachiopodes, Ostracodes (<i>Polyzygia</i> sp.) et à Eoptéropodes (<i>Styliolina</i> sp.) : <i>Favosites</i> sp. e.g. <i>goldfussi</i> , <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> ($\alpha = 65-70^\circ$), <i>Uncinulus parallelepipedus</i> , <i>Atrypa reticularis</i> , <i>Leptaena rhomboidalis</i> (de très grande taille), <i>Glossostrophia caudata</i> , <i>Stropheodonta</i> sp., <i>Schuchertella</i> sp. ?	21598 347
100		85-86	Zone masquée par d'anciennes terrasses entaillées par l'Oued Amgli el Harra.	
99		85	Marnes vertes très gypsifères à Calcéoles abondantes, comportant une faune banale : <i>Aulacophyllum princeps</i> , <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> ($\alpha = 70^\circ$), <i>Atrypa reticularis</i> , <i>Leptaena rhomboidalis</i> (taille normale), <i>Schizophoria striatula</i> , <i>Aulacella</i> sp. e.g. <i>interlineata</i> , <i>Schuchertella umbracula</i> , <i>Philhedra</i> sp. e.g. <i>crenistriata</i> .	348
98	110 m env.	82-85	Zone masquée par l'Oued Aïn Terguit, cachant toute la base des marnes à Calcéoles.	
97	10 m visibles	81	Plus au Nord (affleurement situé à 1 km au SSE d'Aguel Nebka, mais que l'on peut projeter sur la coupe) : calcaire microcristallin légèrement dolomitique, gris jaune, à patine ocre jaune, à Ostracodes, Eoptéropodes et à débris de Brachiopodes, Trilobites et Crinoïdes, contenant une faune abondante de Polypiers, Brachiopodes, Orthocères, Goniatites, Trilobites et Crinoïdes : <i>Caliopora chouberti</i> , <i>Holacanthopora gracilis</i> , <i>Hysterolites elegans</i> , <i>Meganteris</i> sp., <i>Camarotoechia</i> sp., <i>Atrypa reticularis</i> , <i>Pentamerella</i> sp. ?, <i>Werneroceras crispiforme</i> , <i>Anarcestes lateseptatus</i> var. <i>plebeia</i> , <i>Agoniatites</i> sp., <i>Bactrites</i> sp., <i>Phacops schlotheimi</i> , <i>Asteropyge</i> (<i>Neometacanthus</i>) <i>stellifer</i> , <i>Conularia</i> sp., (pour l'ensemble de la faune, voir tableau stratigraphique XII).	21597 343
96	180 m ?? (40 m d'après le B. R. P.)	65-80	Zone couverte par des terrasses et par des alluvions récentes sableuses. La puissance du Paléozoïque ainsi masqué est difficile à apprécier à cause des changements de pendage et d'un accident tectonique possible (faille ou flexure).	
95	8 m visibles	63-64	Grès tendres calcaires, en fines plaquettes, alternant avec des bancs plus durs (voir coupe F ₄).	



) : Coupe du Dévonien moyen entre Khang Lejouad et Amgli el Harra

de la falaise de l'Amgala

a

108 a

107

106

105

104

ESE

103

① Coupe d'ensemble

de l'Amgala

Aïn Terguit

Projection sur la coupe
du gisement d'A. Nebka

ESE

KHANG LEJOUAD



Cette coupe du Dévonien moyen d'Amgli el Harra, dont la base est malheureusement très incomplète, peut se résumer de la façon suivante :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₅ : Description des niveaux
118	8 m	92	Siltstones calcaires à <i>Tropidoleptus</i> (corniche).
117	26 m	91	Siltstones argileux (talus).
113-116	19 m	90	Calcaires à Polypiers supérieurs : deux niveaux interstratifiés avec des bancs de siltstones calcaires argileux à <i>Calceola sandalina</i> var. <i>alta</i> .
110-112	16 m	89	Siltstones calcaires orangés et calcaires silteux en dalles (falaise de l'Amgala).
108-109	44 m	88 bis et 88	Marnes silteuses vertes de l'Amgala, avec encrinites à <i>Tentaculites zemmourensis</i> au sommet, et plus bas un niveau très fossilifère à <i>Spirifer ascendens</i> .
103-107	39 m	87	Calcaires à Polypiers inférieurs : + partie supérieure à patine bleue très riche en <i>Atrypa aspera</i> (87b). + partie inférieure à patine orangée (87a).
98-102	80 m visibles + 110 m ?	82-86	Marnes à <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> avec, vers le sommet, un niveau à <i>Glossostrophia caudata</i> (la base de ces marnes n'est pas visible).
97	10 m	81	Marno-calcaires à <i>Werneroceras crispiforme</i> .
96	40 m ? ou 190 m ?	65-80	Zone masquée, de puissance difficilement appréciable.
95	8 m visibles	63-64	Grès tendres calcaires.

Dans cette coupe, la partie inférieure est masquée par l'Oued Aïn Terguit et l'Oued Leglaga. Une faille, ou tout au moins une flexure, est à prévoir sous ces alluvions, ce qui rend difficile l'appréciation des puissances. D'après le log du BRP (J. BOROCCHO et R. NYSSÉN, 1955), les marnes à Calcéoles auraient 220 m, ce qui ne laisserait pour la partie située sous les marno-calcaires à *Werneroceras crispiforme* qu'une quarantaine de mètres. La coupe d'ensemble de la figure 65 suggère des puissances différentes, données sous toutes réserves : 190 m pour les marnes à Calcéoles et 180 m pour la partie comprise entre les marno-calcaires d'Aguel Nebka et le poudingue phosphaté de Khang Lejouad.

2° Coupe du Dévonien moyen de Tighirt (Coupe E₄)

Cette deuxième coupe, située seulement à 23 km au SSW de la précédente, est la prolongation vers l'Ouest de la coupe E₃. Elle a l'avantage de bien montrer la partie inférieure du Dévonien moyen, masquée dans la coupe précédente. La majeure partie de la coupe est étudiée suivant le parallèle de Tighirt, toutefois les « Polypiers inférieurs » et les « marnes de l'Amgala » sont étudiés un peu plus au Nord, à l'extrémité sud de l'Amgala (Bou Dreïga) où ils affleurent mieux (voir croquis de position de la fig. 66).

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe E ₄ : Description des niveaux	Ech.
78	5 m	92	Petite crête de siltstone calcaire micacé, un peu ferrugineux, roux, en plaquettes, azoïque.	21694
77	8 m	91	Petite combe d'argile silteuse probable.	
76	6 m	90 b-d	Plusieurs bancs de « calcaire construit » hétérogranulaire gris bleu, à patine bleue, à très abondants débris de Polypiers, Bryozoaires, Ostracodes, Crinoïdes, et à nombreux Polypiers entiers et libres (voir faune sur le tableau stratigraphique XIV).	21693
75	6 m	90a	Siltstone calcaire micacé un peu argileux, jaune verdâtre, à rares débris de Crinoïdes.	21692
74	17 m	89	Calcaire silteux légèrement micacé, gris, à patine chamois ou bleutée, à Ostracodes et fins débris de fossiles, à traces et ripplemarks.	21691
73		89	Calcaire oolithique à lits d'encrinite, à patine bleue ou bleu orangé, en dalles.	21690
72		89	Siltstone calcaire micacé à débris d'Ostracodes, se débitant en petites dalles, à patine orangée ou brune, à ripplemarks et à pistes, à empreintes de <i>Tentaculites</i> , constituant la corniche de la falaise de l'Amgala.	21689 430
71	7 m	88 bis et 88	Alternance de bancs de calcaire argilo-silteux et de petits bancs (2 à 10 cm) de calcaire lumachellique et d'encrinite calcaire silteuse, gris ou orangés, à Brachiopodes de la faune de l'Amgala, et à <i>Tentaculites zemmourensis</i> .	512 511 510 509
70		88	Calcaire argileux (aspect de marne), très légèrement silteux et micacé, brun, à rares débris et à microfaune d'Ostracodes : <i>Graphiodactylus catenulatus</i> , Ostracode indéterminé (sp. 10 SN. REPAL) et d'Eoptéropodes : <i>Tentaculites</i> (sp. 2 et sp. 5 SN. REPAL), <i>Novakia</i> sp.	21688
69	20 m	88	Marnes vertes ou grises silteuses, un peu micacées, à <i>Neometacanthus stellifer</i> , à quelques mètres au-dessus de la faune principale.	427
68		88	Marnes (presque des calcaires marneux) vertes légèrement silteuses, à Ostracodes et Tentaculites, contenant la « faune de l'Amgala » (voir tableau stratigraphique XIV) : <i>Disphyllum trigemne</i> , <i>Phillipsastraea</i> (<i>Pachyphyllum</i>) <i>ibergensis</i> , <i>Favosites</i> sp. e. g. <i>eifeliensis</i> ?, <i>Striatopora</i> sp., <i>Thamnopora</i> sp. e. g. <i>boloniensis</i> , <i>Aulopora serpens</i> , <i>Spirifer ascendens</i> var. <i>zemmourensis</i> , <i>Cyrtina heteroclyta</i> , <i>Reticularia</i> sp. e. g. <i>aviceps</i> , <i>Athyris concentrica</i> , <i>Camarotoechia</i> cf. <i>osculum</i> , <i>Atrypa aspera</i> , <i>A. reticularis</i> , <i>Lepetaena rhomboidalis</i> , <i>Schizophoria striatula</i> , <i>Aulacella</i> sp. e. g. <i>interlineata</i> , <i>Schuchertella</i> sp. e. g. <i>umbracula</i> , <i>Chonetes minutus</i> , <i>Ch. coronatus</i> var. <i>zemmourensis</i> , <i>Phacops</i> (<i>Phacops</i>) cf. <i>circonspectans</i> .	508
67	2 m	88	Calcaire argileux en miches à <i>Phacops</i> et à Brachiopodes de la faune des marnes de l'Amgala.	
66	9 m	88	Marnes vertes à Polypiers rugueux (<i>Lithophyllum</i> et <i>Digonophyllum</i>) et à Bryozoaires.	

Niv.	Puissance	Réf. c. s.	Coupe E ₄ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
65	6 m	88	Alternance de marnes silteuses micacées, devenant de plus en plus marneuses vers le haut, et de calcaires un peu silteux (niveau presque azoïque ayant livré un <i>Phacops</i> sp.).	21686
64	0,30 m	88	Banc de calcaire silteux.	
63	10 m	88	Marnes silteuses vertes, avec quelques intercalations de petits bancs calcaires.	
62	20 m	87	Deux bancs, séparés par des marnes silteuses, de calcaire légèrement silteux à abondants débris de Polypiers, Bryozoaires, Brachiopodes, Ostracodes et Crinoïdes.	21685
61		87	Siltstone argileux.	
60		87	Banc de calcaire à Polypiers, jaune, à <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> et <i>Euomphalus</i> sp.	507 506
59		87	Calcaire silteux à Brachiopodes.	
58		87	Banc de calcaire gris jaune, à grain fin, à débris de Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes, Bryozoaires et Tentaculites, à faune surtout riche en Polypiers (« calcaire construit ») : Zaphrentidé indéterminé, <i>Prismatophyllum</i> (<i>Hexagonaria</i>) <i>helianthoides</i> , <i>Lithophyllum</i> sp. e. g. <i>striatum</i> ?, <i>Heliolites</i> sp. e. g. <i>porosus</i> , <i>Favosites</i> sp. e. g. <i>goldfussi</i> , <i>Favosites</i> sp., <i>Thamnopora</i> sp. e. g. <i>dubia</i> , <i>Alveolites fornicatus</i> , <i>Stromatopora concentrica</i> ?, <i>Cyrtina</i> cf. <i>acutirostris</i> , <i>Athyris</i> sp. e. g. <i>concentrica</i> , <i>Atrypa aspera</i> , <i>Phacops</i> sp.	533 532 531 530
57		87	Alternance de bancs de calcaire silteux à Polypiers, de siltstone micacé (dalle de 15 cm d'épaisseur) et de calcaires construits à Polypiers, Bryozoaires, Brachiopodes et Crinoïdes.	21684
56		87	Dalle de calcaire jaune contenant des <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> .	
55	43 m	85-86	Marnes verdâtres affleurant mal, contenant toujours <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> et <i>Leptaena rhomboidalis</i> .	
54	0,20 m	85 bis	Petit banc de calcaire microcristallin massif jaune à Polypiers et à très abondants débris de Polypiers, Bryozoaires, Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes et Crinoïdes, avec, à la partie supérieure, des Polypiers isolés dans les marnes.	21683
53	32 m env.	84-85	Marnes brun jaune, gypsifères, à rares débris d'Encrines, à Ostracodes (<i>Graphiodactylus catenulatus</i>), à faune abondante mais banale : <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> ($\alpha = 70^\circ$), <i>C. sandalina</i> var. <i>exalta</i> , <i>C. sandalina</i> var. <i>alta</i> (rare) ($\alpha = 45^\circ$), <i>Leptaena rhomboidalis</i> (taille normale).	21682 528
52	10 m env.	83	Marnes vertes à <i>Atrypa reticularis</i> , <i>Productella</i> sp. e. g. <i>navicella</i> et <i>Pentamerus chouberti</i> .	
51	20 m env.	82	Marnes (argiles calcaires dolomitiques) gris brun, un peu silteuses, à très fins débris de fossiles, riches en Ostracodes : <i>Graphiodactylus catenulatus</i> , <i>Zygobolba</i> sp., <i>Amphissites</i> sp. et caractérisées par une faune naine plus riche en individus qu'en espèces : quelques petits Polypiers	21681

Niv.	Puissance	Réf. c. s.	Coupe E ₄ : Description des niveaux (suite)	Ech.
51 (suite)		82	indéterminés, <i>Hysterolites elegans</i> , <i>Ambocoelia umbonata</i> , « <i>Crurithyris</i> » sp. e. g. <i>inflata</i> , <i>Atrypa reticularis</i> (forme naine), <i>Leptaena rhomboidalis</i> (forme naine), <i>Aulacella</i> sp. e. g. <i>interlineata</i> (forme naine, très abondante), <i>Fascicostella</i> nov. sp., <i>Stropheodonta</i> (<i>Brachyprion</i> ?) sp. e. g. <i>phillipsii</i> , <i>Strophomena</i> (<i>Strophonella</i> ?) <i>anaglyphia</i> , <i>Productella</i> sp. e. g. <i>navicella</i> .	527 526 444
50	15 m	81	Marno-calcaires constitués par une alternance de niveaux argileux gypsifères et de bancs de calcaire contenant de rares clastiques (au contraire du niveau 49 sous-jacent), jaune, à patine rose, un peu argileux, à Ostracodes et à débris organiques, avec une faune abondante (voir le détail sur le tableau stratigraphique XII) comportant de très grandes <i>Goniaticites</i> calcaires à la base, et d'autres, petites et pyriteuses, vers le haut; cette faune comprend notamment <i>Barrandeophyllum bohemicum</i> , <i>Syringaxon bohémica bohémica</i> , <i>Hysterolites elegans</i> , <i>Pugnax pugnoides latus</i> , <i>Agoniatites</i> sp., <i>Foordites psittacinum</i> .	21680 525 524 523 522
49	18 m	80	Marno-calcaires constitués par une alternance de niveaux argileux gypsifères et de bancs (0,10 à 0,20 m) de calcaire sans clastiques, à cassure jaune ou brun jaune, à patine rose, à très abondants débris de fossiles; les niveaux calcaires constituent trois petits kerbs, séparés par des combes argileuses. La faune, très abondante et très variée (voir tableau stratigraphique XI), comporte notamment <i>Hadrophyllum pauciradiatum</i> , <i>Scoliophyllum lamellosum</i> (très représentatif du niveau), <i>Acrospirifer speciosus speciosus</i> , <i>Mucrospirifer</i> sp. e. g. <i>mucronatus</i> , <i>M. diluvianus</i> , <i>Hysterolites elegans</i> , <i>Reticularia aviceps</i> , <i>Eoreticularia curvata</i> , <i>Uncinulus</i> aff. <i>signatus</i> , <i>Rhipidomella penelope</i> , <i>Stropheodonta</i> (<i>Brachyprion</i>) sp. e. g. <i>phillipsii</i> , <i>S.</i> sp. e. g. <i>demissa</i> , <i>Pholidostrophia lepis</i> , <i>Gypidula</i> sp. e. g. <i>galeata</i> , <i>Phacops schlotheimi</i> , <i>Ph. fecundus major</i> , <i>Proetus orbitatus</i> , <i>Cyathocrinites pinnatus</i> .	21679 521 520 519 518 517 516 515 514 513
48	0,15 m	79	Grès calcaire fin à oolithes de chamosite, brun foncé, à <i>Cystiphyllidés</i> très abondants et à débris de Crinoïdes.	21678
47	0,30 m	78	Petit banc de siltstone micacé à patine noire, à empreintes de <i>Spirifers</i> et de Crinoïdes.	
46	10 m env.	77 ?	Siltstones très argileux (illite) un peu micacés azoïques.	21677
45	0,50 m	77	Banc, bien visible à 1 km à l'Ouest de la corne nord-est de Tighirt, de calcaire très gréseux (et de grès calcaire) parfois un peu phosphaté (21676), brun jaune ou chamois, riche en débris de Crinoïdes (cassure semi-cristalline) et de <i>Spirifers</i> , et à Ostracodes. La faune, difficile à dégager, comporte <i>Lithophyllum</i> nov. sp., <i>Mucrospirifer</i> sp., <i>Paraspirifer cultrijugatus</i> .	21676 505 503 502
44	7 m	76	Siltstones grossiers (à lits gréseux) micacés gris, riches en minéraux lourds, à ciment calcaire poecilithique résiduel, en voie de quartzitisation, à rares débris de Brachiopodes, Ostracodes et Crinoïdes, et à empreintes de Plantes et Tentaculites.	21675
43			Grès à ciment légèrement calcaire et quartzeux à rares débris de Crinoïdes et d'Ostracodes.	21674 501

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe E ₄ : Description des niveaux (suite)	Ech.
42	25 m	75	Quartzite fin blanc ou rosâtre, avec parfois des empreintes de Plantes (?), de Crinoïdes, de <i>Mucrospirifer</i> sp. et de <i>Paraspirifer</i> sp., constituant la corniche de la falaise de Tighirt (Pl. V, fig. 1) et passant vers le bas à des grès-quartzites moins consolidés.	21670 497 358 21669
41	0,50 m		Niveau de grès ferrugineux légèrement calcaire, assez fin, jaune ocre, un peu bariolé, avec tendance à la stratification entrecroisée, azoïque.	452
40	10 m	74	Siltstones friables passant insensiblement vers le haut aux quartzites.	
39	35 m		Siltstones argileux devenant moins argileux et plus grossiers vers le sommet, à faune plus rare : Zaphrentidé indéterminé (à la base), <i>Paraspirifer</i> sp. e. g. <i>cultrijugatus</i> , <i>Mesoconularia</i> cf. <i>aliena</i> .	496 495 494
38	12 m	74 bis et 74	Alternance d'argiles silteuses, de siltstones argileux et de petits bancs carbonatés variés (5 à 10 cm de puissance), en miches, comprenant : des encrinites, des dolomies à débris de Crinoïdes et de Brachiopodes, des calcaires argileux à fins débris organiques et des grès calcaires poecilithiques. Les niveaux argileux contiennent la même faune que le niveau 37, les bancs calcaires sont assez riches en Trilobites : <i>Scutellum</i> (<i>Paralejulus</i>) <i>dormitzeri</i> <i>dormitzeri</i> , <i>Treveropyge boopis</i> ?, <i>Phacops</i> sp.	21672 21671 21668 2128 2127 493 357 KB
37	8 m	74	Argiles silteuses et siltstones argileux verdâtres contenant la faune de Tighirt : <i>Syringaxon</i> sp. e. g. <i>curta</i> , <i>Sinospongophyllum planotabulatum</i> , <i>Paraspirifer</i> sp. e. g. <i>cultrijugatus</i> (rare), <i>Cyrtina heteroclyta</i> , <i>Athyris</i> sp. e. g. <i>concentrica</i> , <i>Uncinulus lodanensis</i> , <i>Atrypa reticularis</i> , <i>Lepaena rhomboidalis</i> , <i>Schizophoria striatula</i> , <i>Rhipidomella penelope</i> , <i>Isorthis</i> sp. e. g. <i>tetragona</i> (très abondant), <i>Aulacella</i> sp. e. g. <i>interlineata</i> (abondant), <i>Pholidostrophia lepis</i> , <i>Orthoceras</i> sp., <i>Cyathocrinites pinnatus</i> (très abondant).	357
36	0,15 m	71-73	Niveau ferrugineux à nodules de phosphate : conglomérat à galets et nodules noirs de phosphate, de phosphate pélitique, de phosphate silteux, de siltstone micacé phosphaté, tous plus ou moins calcaires, et à ciment rouge vin silteux, ferrugineux, calcaire et ankéritique.	21673
35	52 m	64-70	Siltstones argileux micacés gris verdâtre, se débitant en feuillets, azoïques, à traces de Vers, avec des lits d'argile silto-gréseuse grise.	21667 21666 21665 21664
34	0,30 m	62	Calcaire ankéritique ferrugineux un peu gréseux, jaune ocre, à oolithes de chamosite, à Ostracodes et à Orthocères.	386
33	0,20 m	61	Conglomérat jaune ocre à galets noirs de grès phosphaté, de phosphate gréseux, de phosphate pélitique ferrugineux, de phosphate oolithique, un peu gréseux, ankéritique, à Ostracodes (voir coupe E ₃).	21663

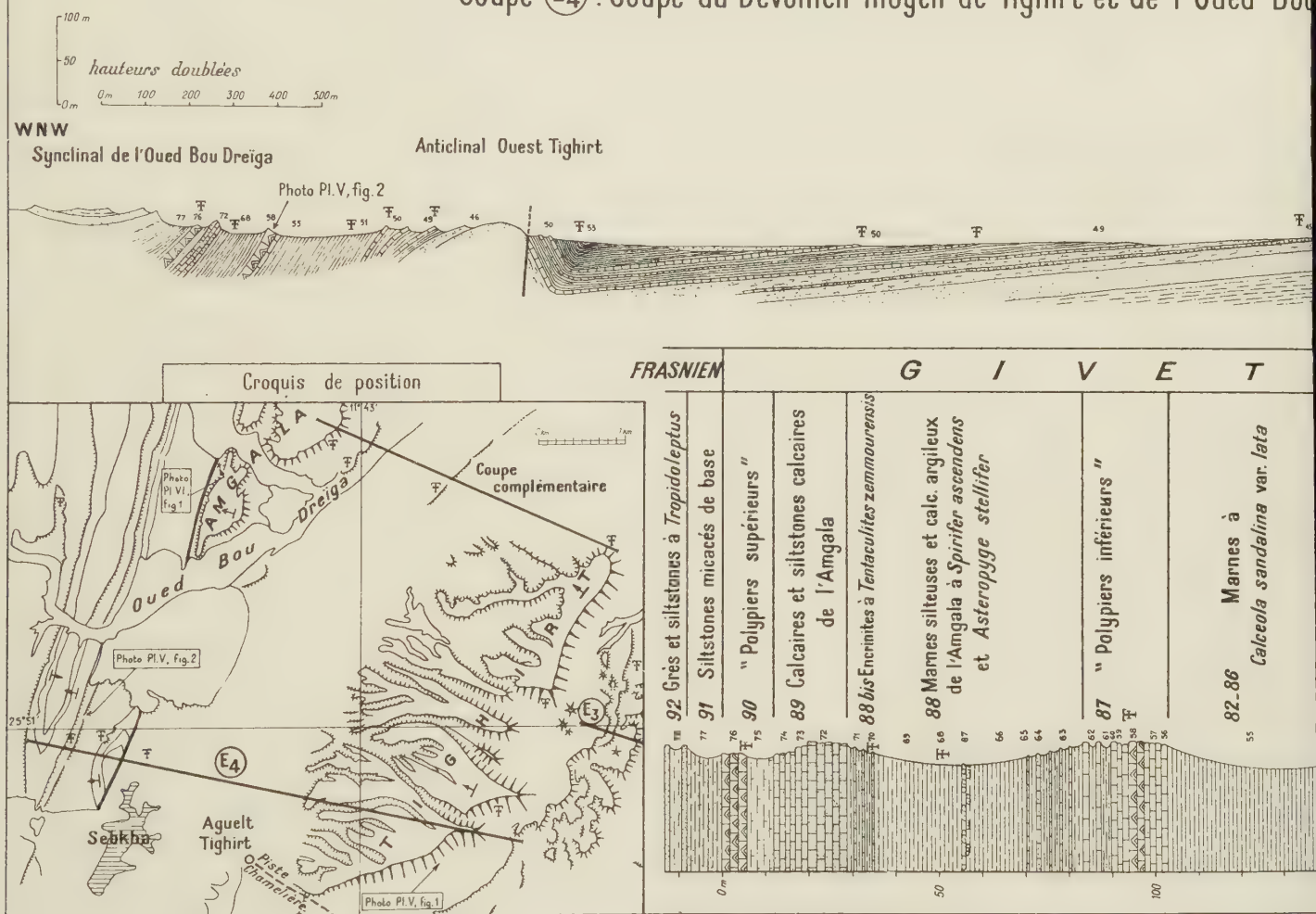
Cette grande coupe peut se résumer de la façon suivante :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe E ₄ : Description des niveaux
77-78	13 m	91-92	Grès et siltstones du Dévonien supérieur.
75-76	12 m	90	Siltstones et niveaux calcaires à Polypiers (biostrome).
72-74	17 m	89	Calcaires oolithiques, calcaires silteux et siltstones calcaires orangés de la corniche de la falaise de l'Amgala.
63-71	54 m	88 bis et 88	Marnes silteuses vertes (du talus de la falaise de l'Amgala) à riche faune à <i>Spirifer ascendens</i> var. <i>zemmourensis</i> ; le niveau à <i>Neometacanthus stellifer</i> est à quelques mètres au-dessus de la faune principale.
56-62	20 m	87	Biostrome à Polypiers, Bryozoaires et Brachiopodes, à <i>Prismatophyllum</i> (<i>Hexagonaria</i>) <i>helianthoides</i> .
51-55	105 m	82-86	Marnes souvent gypseuses à <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> , comportant de haut en bas : + faune à <i>C. sandalina</i> et <i>L. rhomboidalis</i> de grande taille; + faune à <i>C. sandalina</i> et <i>L. rhomboidalis</i> de taille moyenne; + faune à <i>Pentamerus chouberti</i> ; + faune naine à <i>Ambocoelia umbonata</i> et <i>Productella</i> sp. e. g. <i>navicella</i> .
50	15 m	81	Marno-calcaires à <i>Agoniatites</i> sp. et <i>Foordites psittacinum</i> .
49	18 m	80	Marno-calcaires à <i>Acrospirifer speciosus speciosus</i> .
48	0,15 m	79	Niveau très riche en Cystiphyllidés.
47	0,30 m	78	Siltstone micacé, à patine noire, à empreintes de <i>Spirifer</i> et de Crinoïdes.
45-46	10 m	77	Siltstones argileux, avec à la base un banc (0,50 m) de calcaire très gréseux lumachellique à <i>Paraspirifer cultrijugatus</i> .
43-44	7 m	76	Grès et siltstones friables.
41-42	25 m	75	Quartzites blancs de Tighirt à débris de Plantes (?) et à <i>Mucrospirifer</i> sp.
37-40	65 m	74 bis et 74	Siltstones argileux verts à <i>P. cultrijugatus</i> et <i>Uncinulus lodanensis</i> .
36	0,15 m	71-73	Niveau ferrugineux à nodules phosphatés.
35	52 m	64-70	Siltstones argileux micacés (base du talus de la falaise de Tighirt).
33-34	0,50 m	61-62	Calcaire ankéritique à Orthocères et conglomérat à nodules phosphatés (voir coupe E ₃).

3° Coupe du Dévonien moyen de Douik Çreïer (Coupe D₁₂)

Le Dévonien moyen affleure à l'Ouest de Douik Çreïer où il constitue le cœur du synclinal de même nom. La coupe est la prolongation vers l'Ouest de la coupe D₁₁ (p 306). Elle est interrompue dans les marnes à Calcéoles, un anticlinal faisant réapparaître plus à l'Ouest les calcaires silteux chamois à *Paraspirifer cultrijugatus* (fig. 67).

Coupe (E4) : Coupe du Dévonien moyen de Tighirt et de l'Oued Bou



FIGURE

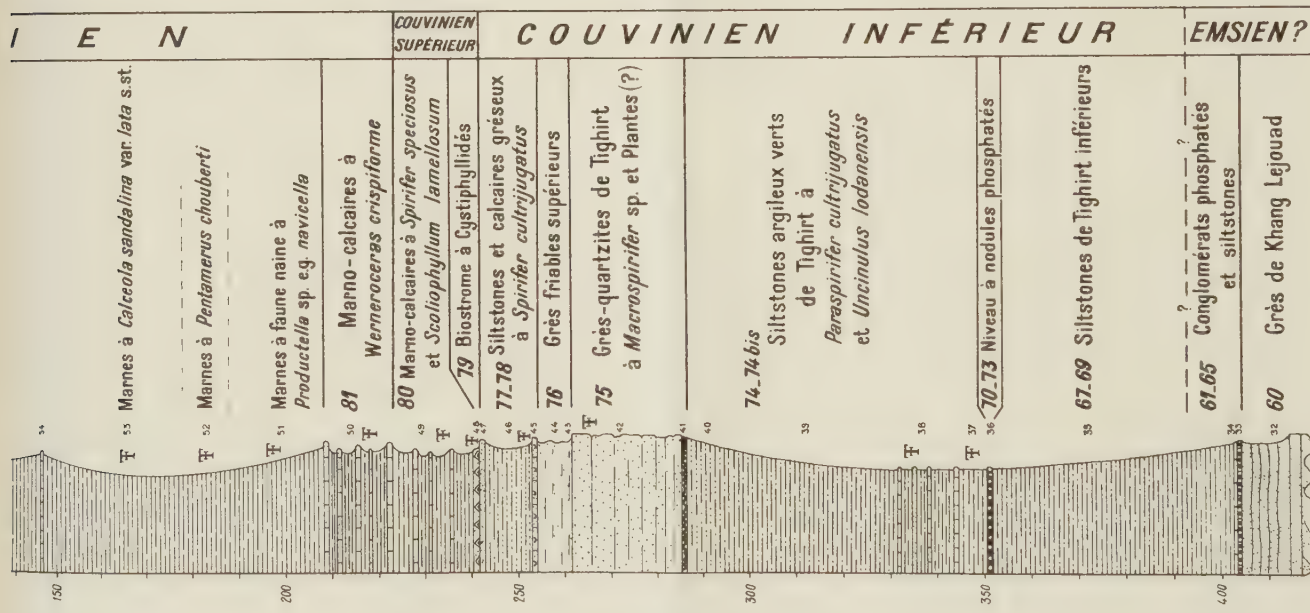
Dreïga

Massif de TIGHIRT

ESE

Projection approximative
d'Aguelt Tighirt

Puissances d'après le Log. du B.R.P.



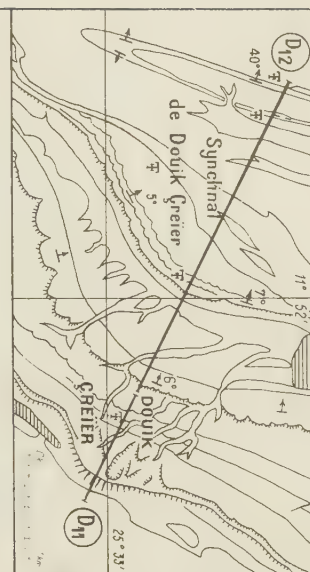
Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₂ : Description des niveaux	Ech.
43	25 m env.	83-84	Marnes gypseuses affleurant mal, ayant livré quelques rares <i>Calceola sandalina</i> .	
42	20 m env.	82	Marnes gypseuses affleurant sur la rive d'un oued, contenant des rognons calcaires, à faune banale de Polypiers et de Brachiopodes de petite taille : <i>Streptelasma</i> sp. (= <i>Stereolasma</i> sp.), <i>Diphyphyllum symmetricum</i> , <i>Calia-pora</i> nov. sp., <i>Syringopora</i> sp. e.g. <i>eifeliensis</i> , <i>Aulopora</i> sp., <i>Ambocoelia</i> sp. ?, <i>Athyris concentrica</i> , cf. <i>Septalaria subtrigona</i> , <i>Atrypa reticularis</i> , <i>Leptaena rhomboidalis</i> , <i>Aulacella</i> sp., <i>Productella</i> sp. e.g. <i>navicella</i> .	2155
41	30 m	81	Marno-calcaires à <i>Receptaculites</i> cf. <i>neptuni</i> et à <i>Agoniatites</i> sp.	
40			Marnes gypseuses à intercalations de bancs calcaires argileux à <i>Acanthophyllum</i> cf. <i>gerolsteinense</i> , <i>Lithophyllum</i> (= <i>Zonophyllum</i>) cf. <i>divisum</i> , L. (= <i>Zonophyllum</i>) sp. e.g. <i>septatum</i> , <i>Coenites</i> indét. sp., <i>Athyris</i> sp. e.g. <i>concentrica</i> , <i>Atrypa reticularis</i> , <i>Schizophoria striatula</i> , <i>Agoniatites</i> sp.	2154
39	25 m + 3 m	79-80	Marnes gypseuses contenant des bancs de calcaire argileux (marno-calcaires) comportant entre autres, surtout vers la base, <i>Heliophyllum halli</i> , <i>Scoliophyllum lamellosum</i> , <i>Prismatophyllum</i> (<i>Hexagonaria</i>) sp., <i>Cyathophyllum helianthoides</i> (ces deux Polypiers sont identiques à ceux de la base du récif d'Aïdiate), <i>Lithophyllum</i> (= <i>Zonophyllum</i>) cf. <i>marginatum</i> ?, « <i>Cystiphyllum</i> » <i>sulcatum</i> , <i>Leptaena rhomboidalis</i> .	2153
38	3 m	79	Banc calcaire directement sur le niveau 37, très riche en <i>Cystiphyllidés</i> et autres Polypiers (affleurant mieux un peu au Sud de la coupe).	2153
37	2 m	77	Calcaire silto-gréseux à patine grise et cassure jaune, comportant un banc lumachellique jaune à <i>Spirifer</i> sp. (Pl. XXXVI, fig. 13), <i>Mucrospirifer</i> sp. ?, <i>Paraspirifer</i> sp. e.g. <i>cultrijugatus</i> , <i>Chonetes</i> sp. e.g. <i>plebeius</i> , <i>Lamelli-branches</i> , <i>Gastéropodes</i> , <i>Orthocères</i> , <i>Crinoïdes</i> et <i>Tentaculites</i> .	2152
36	2 m	77	Grès fin micacé vert clair en petites plaquettes.	
35	1 m	77	Calcaire jaune en banc à <i>Spirifer</i> sp., <i>Orthis</i> sp., <i>Schuchertella</i> sp., et <i>Chonetes</i> sp. e.g. <i>plebeius</i> .	
34	7 m	77	Quelques bancs de calcaire lumachellique plus ou moins grés-silteux, brun, riche en débris de Crinoïdes, Bryozoaires et Brachiopodes, à <i>Paraspirifer cultrijugatus</i> , <i>Orthis</i> sp., <i>Phacops</i> (<i>Phacops</i>) <i>fecundus major</i> , plus des Crinoïdes et des Conulaires.	2150
33	3 m	77	Bancs formant la corniche d'une falaise de grès calcaire fin un peu micacé, légèrement magnésien et ferrugineux, brun jaune, à débris disséminés de Brachiopodes, Ostracodes et Crinoïdes, à empreintes de <i>Chonetes</i> sp., de Crinoïdes et de Tentaculites.	2149
32	14 m	77	Talus affleurant mal, débutant à la base par un calcaire silteux en petits bancs, gris rosé clair, contenant quelques empreintes de <i>Chonetes</i> sp. e.g. <i>plebeius</i> et de Crinoïdes (2 m).	

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₂ : Description des niveaux (suite)	Ech.
31	10 m	76 à 70	Alluvions d'oued masquant des terrains tendres.	
30	50 m		Epandage récent comportant beaucoup de gypse, masquant des terrains vraisemblablement tendres.	
29	3 m	69	Grès-quartzite massif, à patine noire, à concrétions ferrugineuses, formant la corniche d'une petite falaise, à rares empreintes de <i>Tropidoleptus</i> sp. e. g. <i>carinatus</i> et de Crinoïdes, Tentaculites, tiges de Plantes (?) et à pistes de Vers.	2148
28	12 m	68 à 64	Talus en partie masqué par des éboulis et en partie constitué de siltstones micacés feuilletés gréseux.	
27	21 m		Combe probablement à dominance argilo-silteuse (pour les niveaux sous-jacents, voir coupe D ₁₁ , p. 306).	

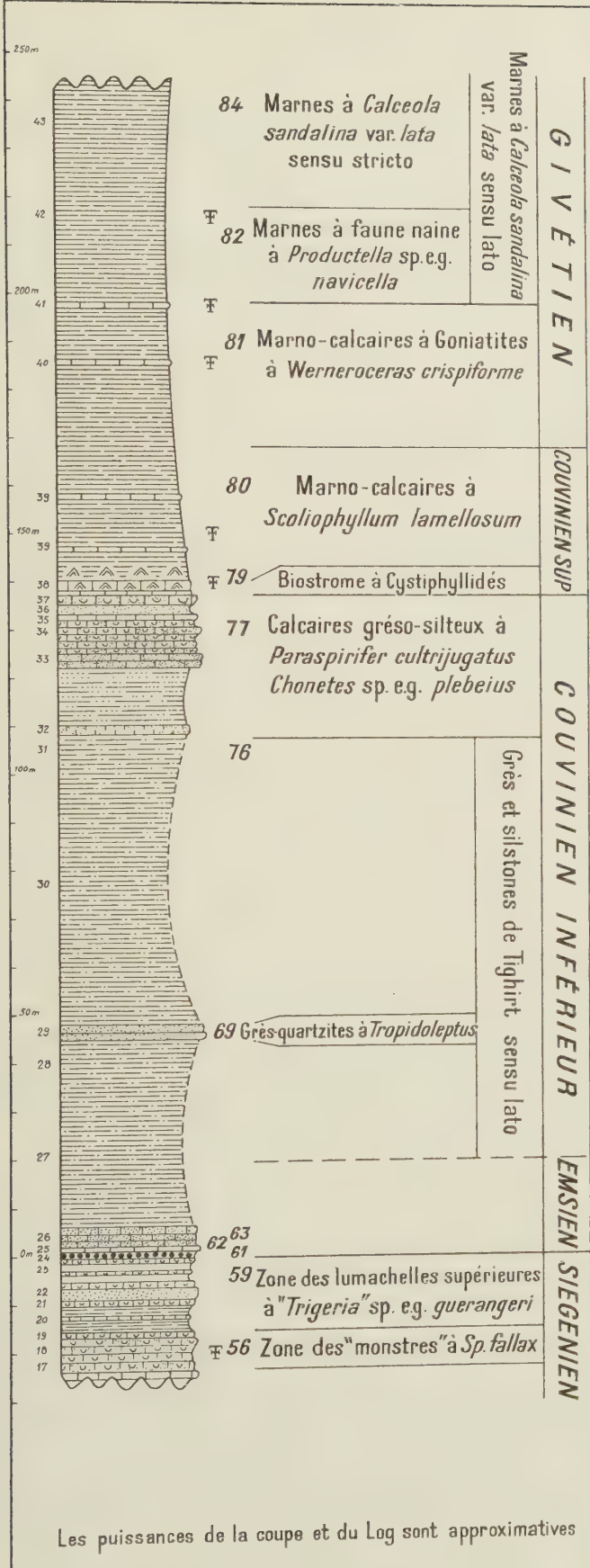
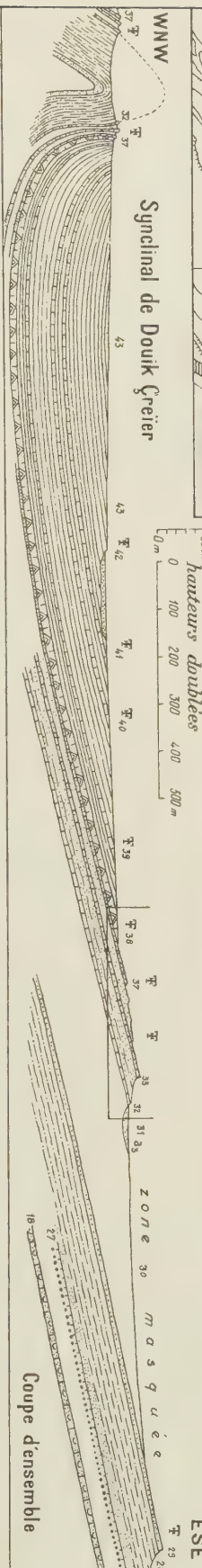
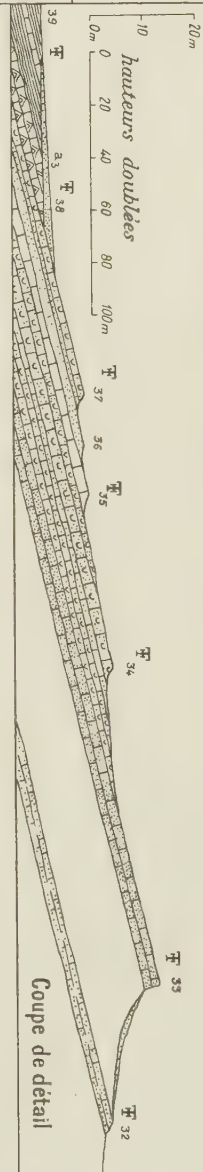
Cette coupe ne permet pas une observation continue de la série. Mais elle a l'intérêt de montrer des différences avec la coupe de Tighirt. La formation des grès de Tighirt ne comporte plus une puissante couche de quartzites. En revanche les calcaires grés-silteux chamois à *Paraspirifer cultrijugatus* sont mieux développés. Autre intérêt de la coupe, il existe, juste au-dessus de cette formation, des bancs riches en Polypiers, parmi lesquels des *Prismatophyllum* et *Cyathophyllum* que l'on retrouvera en abondance à la base du récif de la coupe de Bir Aïdiate (p. 396). Il y a donc ici localement un signe avant-coureur, une amorce de récif, mais qui ne s'est pas ensuite développé comme à Bir Aïdiate.

La partie supérieure du Dévonien moyen est absente ici, le cœur du synclinal s'arrêtant au milieu des marnes à Calcéoles. On retrouve dans les cœurs synclinaux de la région une série très comparable à celle de Tighirt. La coupe D₁₂ peut se résumer dans le tableau suivant :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₂ : Description des niveaux
43	25 m	83-84	Marnes gypseuses à <i>Calceola sandalina</i> .
42	20 m	82	Marnes gypseuses à Polypiers et à faune naine de Brachiopodes.
40-41	30 m	81	Marno-calcaires à Polypiers, Brachiopodes et <i>Agoniatites</i> sp.
39	25 m	80	Marno-calcaires à <i>Scoliophyllum lamellosum</i> .
38-39	6 m	79	Biostrome à Cystiphyllidés et marnes contenant des Polypiers identiques à ceux du récif d'Aïdiate.
32-37	29 m	77	Calcaires grés-silteux et grès à patine chamois, en plaquettes, à <i>Spirifer</i> sp. (Pl. XXXVI, fig. 13), <i>Paraspirifer cultrijugatus</i> , <i>Chonetes</i> sp. e. g. <i>plebeius</i> , <i>Phacops fecundus major</i> .
30-31	60 m	70-76	Zone masquée correspondant vraisemblablement à des siltstones tendres. Les niveaux phosphatés de Tighirt existent peut-être, mais n'ont pas été observés.
29	3 m	69	Grès-quartzite à patine noire à <i>Tropidoleptus</i> sp. e. g. <i>carinatus</i> .
27-28	33 m	64-68	Zone masquée à dominance argilo-silteuse.
24-26	6 m	61-63	Conglomérat phosphaté et calcaire bleu à Orthocères et Ostracodes.



Coupe D12 : Coupe du Dévonien moyen du synclinal de Douik Grèier



Les puissances de la coupe et du Log sont approximatives

FIGURE 67

4° Coupe du Dévonien moyen de Bir Aïdiate (Coupes B₅ et B₆)

La coupe n'a été étudiée en détail que pour la partie inférieure du Dévonien moyen (Couvinien), qui présente les variations les plus notables par rapport aux coupes précédentes. Cette coupe est la suite directe, à l'Ouest, de la coupe B₄ décrite dans le chapitre du Dévonien inférieur. La formation des grès de Tighirt *sensu lato* est très différente de celle de la coupe de Tighirt. On ne retrouve pas par exemple les grès-quartzites blancs constituant la corniche de la falaise de Tighirt.

Cette coupe se présente de la façon suivante, les puissances indiquées étant celles des logs du BRP avec quelques modifications de détail :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₅ : Description des niveaux	Ech.
54	0,40 m	77	Dolomie (légèrement) calcaire grés-silteuse, légèrement micacée, mauve, à débris de Crinoïdes et de Brachiopodes, et calcaire grés-silteux jaune crème à <i>Paraspirifer cultrijugatus</i> , <i>P. cultrijugatus</i> var. <i>multiplicata</i> , <i>Schuchertella</i> sp., <i>Chonetes</i> sp. e.g. <i>plebeius</i> .	21772 2024
53	3 m	77	Plusieurs bancs de grès calcaire silteux très fin, à stratification entrecroisée, brun jaune, mais à cassure bleue, à débris de Brachiopodes, Crinoïdes et Tentaculites, à empreintes de <i>Chonetes</i> sp. e.g. <i>plebeius</i> , de Crinoïdes et de Tentaculites.	2023
52	4 m	77	Siltstone micacé argileux tendre, mal classé, riche en minéraux lourds, gris verdâtre, azoïque.	21771
51	0,20 m	77	Calcaire grés-silteux, à fine stratification entrecroisée, avec lits lumachelliques à <i>Spirifer</i> , <i>Chonetes</i> sp. e.g. <i>plebeius</i> et entroques.	21770 2022
50	12 m	77	Siltstone gréseux friable micacé vert clair, contenant quelques <i>Athyris concentrica</i> .	
49	2 m	77	Siltstone quartzeux micacé légèrement calcaire et ferrugineux, en plaquettes, rose, à débris fossilifères en voie de dissolution. Nombreuses empreintes de <i>Michelinia</i> (ou <i>Pleurodictyum</i>), <i>Spirifer</i> sp., <i>Stropheodonta</i> sp., <i>Chonetes</i> sp. e.g. <i>plebeius</i> , Trilobites et Crinoïdes.	21769 2021
48	10 m	76	Talus de siltstones friables micacés légèrement argileux, un peu calcaires dolomitiques, ferrugineux, assez riches en minéraux lourds, poreux, à stratification entrecroisée, à traces de Vers et empreintes de Plantes (?). La couleur, vert clair à l'origine, est presque toujours rose ou lie-de-vin par altération.	21768 2020
47	0,40 m	76	Banc de calcaire dolomitique finement et fortement gréseux, légèrement micacé, rose, à très abondants débris recristallisés d'Ostracodes probables, et à rares débris de Crinoïdes.	21767
46	8 m	74-76	Siltstones micacés argilo-calcaires, un peu ferrugineux, mauves, riches en minéraux lourds, azoïques, comportant quelques bancs (10 à 20 cm) plus consolidés.	21766
45	32 m	74	Puissante série de siltstones micacés, à lits gréseux, dolomitiques et argileux, ferruginisés, de couleur violacée ou rouge vin, mais verte à l'origine.	21765

Une faille fait réapparaître les niveaux 39 à 45.

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₅ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
45	—	74	Siltstones verts friables puissants, interrompus par la faille.	
44	0,10 m	73	Conglomérat ankéritique à grains de quartz roulés et à nodules très abondants de pélites phosphatées et phosphates pélitiques ou silteux à Ostracodes et Eoptéropodes.	2019
43	2 m	72	Siltstone grossier (ou grès silteux) dolomitique calcaire, micacé, jaunâtre; des passées sont plus argileuses; quelques rares <i>Orthis</i> .	21764
42	0,50 m	71	Conglomérat ankéritique et un peu ferrugineux, à graviers de quartz et quartzite, et à nodules plats de phosphates pélitiques, de pélites micacées phosphatées et de siltstones micacés calcaires et ferrugineux, à passées plus franchement ferrugineuses et à surface supérieure ondulée (ripplemarks de 50 cm d'amplitude).	21763 2018
41	0,15 m	70	Grès quartzeux grossier un peu calcaire et ferrugineux gris, à patine noire, à grains de quartz éoliens, à rares oolithes chlorito-calcaires, et à débris roulés de phosphate pélitique.	21762 2017
40	14 m	69	Grès-quartzites fins affleurant mal (débit en boules), à stratification plus finement litée qu'au-dessous.	cf. 2027
39	5 m	68	Corniche constituée par des grès très fins et des siltstones quartzitiques grossiers ferrugineux micacés à aspect de brique, en plaquettes, à stratification entrecroisée et ripplemarks, avec, vers la base, un niveau très riche en fer (hématite).	21761
38	23 m	67	Talus masqué de siltstones et grès tendres probables.	
37	0,40 m	66	Petit banc de calcaire dolomitique jaunâtre à entroques (encrinite) et à abondants débris de Bryozoaires, Brachiopodes, Trilobites et Ostracodes, et à <i>Spirifer</i> sp.	2016
36	13 m	65	Argiles silteuses un peu micacées, indurées, verdâtres, azoïques.	

Une coupe complémentaire B₆ faite à 4,7 km plus au Sud, passant par le récif d'Aïdiate, recoupe les mêmes formations. La corniche de grès-quartzite (niveau 39 de la coupe B₅) est représentée par un « kerb » de grès-quartzites très fins, micacés, un peu chloriteux, argileux et ferrugineux, à patine noire, dont l'intérêt est d'avoir livré à leur toit une faune (éch. 2027) comprenant *Spirifer* sp., *Paraspirifer* sp., *Camarotoechia* cf. *nympha*, *Tropidoleptus* sp. e. g. *carinatus*, des Tentaculites et des traces de Plantes (?).

On retrouve dans cette coupe, comme d'ailleurs dans tous les synclinaux situés sous le massif crétacé d'Aïdiate, le grès grossier à grain éolien (niveau 41 de B₅) et les conglomérats à nodules de phosphate (niveaux 42 et 44 de B₅).

Il est intéressant de reprendre la partie supérieure de la coupe, afin de préciser la situation du récif d'Aïdiate par rapport aux siltstones calcaires à *Paraspirifer cultrijugatus* :

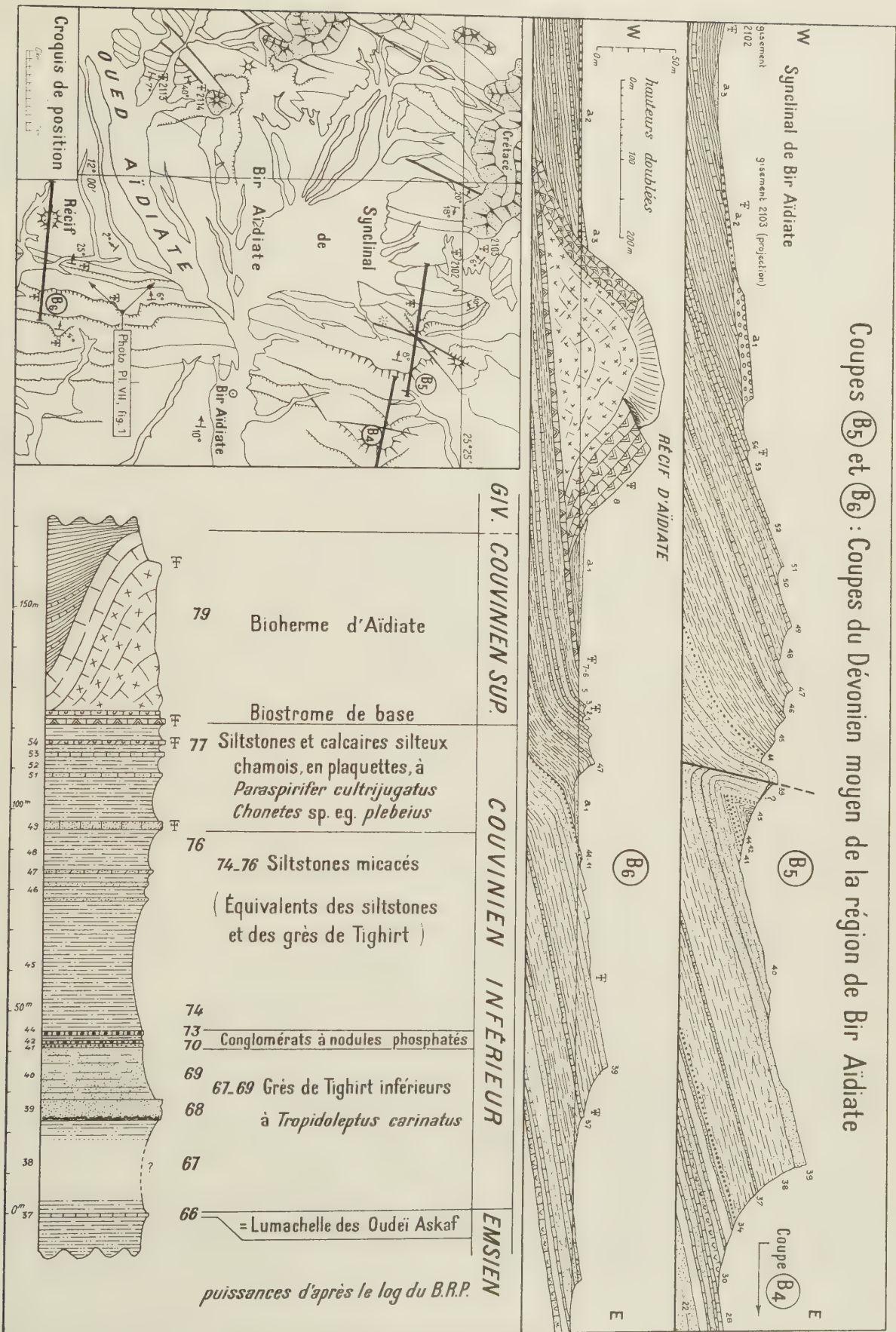
Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe B ₆ : Description des niveaux	Ech.
8	50 m env.	79	Récif presque circulaire, éventré vers l'Est, constitué, à l'intérieur, de calcaire construit massif, bleu clair, riche en Polypiers et Bryozoaires, et, sur le pourtour, de bancs fortement pentés de calcaires bleu clair riches en Rugueux, Tabulés (<i>Prismatophyllum</i> , <i>Cyathophyllum</i>), Stromatopores (<i>Actinostroma verrucosum</i>) et en Crinoïdes (<i>Poteriocrinus</i>).	2032 2031
7	0,20 m	79	Dalle de calcaire lumachellique à gros Brachiopodes, visibles en section seulement.	
6	0,30 m	79	Petite dalle de calcaire cristallin très pur (encrinite) jaune ou rose, à entroques, à débris peu abondants de Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes et Tentaculites, et à Polypiers dont <i>Prismatophyllum</i> (= <i>Hexagonaria</i>) sp. (espèce à très grands calices) et à <i>Actinostroma verrucosum</i> .	21773 2032 2031
5	5 m	77	Talus couvert probablement argileux ou silteux.	
4	0,30 m	77	Calcaire grés-silteux lumachellique à <i>Paraspirifer cultrijugatus</i> .	= 2024
3	0,40 m	77	Calcaire lumachellique silteux, un peu micacé, jaune, à débris de Brachiopodes (<i>Spirifer</i>), d'Ostracodes et de Tentaculites, ayant livré <i>Spirifer</i> sp. (<i>idem</i> Pl. XXXVI, fig. 13), <i>Paraspirifer cultrijugatus</i> (rare), <i>Chonetes</i> sp.	2030
2	2 m	77	Grès fin à figures de slumping, à patine noire, à empreintes du même <i>Spirifer</i> sp.	
1	0,40 m	77	Petite dalle de grès calcaire, très fin, silteux, micacé, chamois, en plaquettes, à Brachiopodes et Ostracodes en voie de dissolution, et à empreintes de Brachiopodes (<i>Paraspirifer</i> sp., <i>Chonetes</i> sp.), <i>Goniatites</i> , <i>Tentaculites</i> et Crinoïdes.	2029 2028

Cette coupe B₆ montre donc bien que le récif d'Aïdiate repose directement sur les calcaires à *Paraspirifer cultrijugatus*. Le récif débute par un premier banc de calcaire à Polypiers, surmonté par un dernier banc de calcaire silteux à Brachiopodes; puis vient un ensemble de calcaires construits massifs bleu clair, dans lequel les Polypiers sont encroûtés; les couches extérieures du récif, c'est-à-dire les plus jeunes, sont en bancs et fortement pentées. Ce récif mériterait à lui seul une étude détaillée qui n'a pas encore été entreprise.

La partie supérieure du Dévonien moyen affleure également à Aïdiate, mais elle n'offre pas de belles coupes permettant des mesures d'épaisseur. Comme on pourra le voir sur la feuille Bir Aïdiate et sur le croquis de position, les coupes B₅ et B₆ se poursuivent à l'Ouest par des affleurements discontinus dans les marno-calcaires, parmi lesquels le gisement 2103 a livré : COELENTERES : *Hadrophyllum pauciradiatum*, *Syringaxon bohémica barrandei*, *Triplophyllum* sp. e.g. *djemellense*, *Lithophyllum* cf. *vesiculosum*, L. (= *Zonophyllum*) cf. *septatum*, L. (= Z.) sp. e.g. *marginatum*, « *Cystiphyllum* » *ohiensis*; BRACHIOPODES : *Acrospirifer speciosus speciosus*, *Eoreticularia* sp., *Ambocoelia* sp. e.g. *umbonata*, *Athyris spiriferoides*, *Plectospira longirostris*, *Uncinulus parallelepipedus*, *Atrypa reticularis*, *Rhipidomella vanuxemi*, *Isorthis* sp. e.g. *tetragona*, *Aulacella* sp., *Fascicostella* sp., *Stropheodonta* (*Brachyprion*) sp. e.g. *phillipsii*, *Pholidostrophia* sp. e.g. *nacrea*, *Schuchertella umbracula*; CEPHALOPODES : *Agoniatites* sp.; TRILOBITES : *Phacops fecundus*.

Ce gisement 2103 ne permet pas de subdiviser les marno-calcaires en deux parties, par suite du mauvais état de l'affleurement.

Coupes B₅ et B₆ : Coupes du Dévonien moyen de la région de Bir Aidiat



La coupe se poursuit par des affleurements de marnes à *Calceola sandalina* et *Leptaena rhomboidalis* (gisement 2102) et de calcaires à Polypiers (« Polypiers inférieurs »), qui constituent, à l'Ouest de Bir Aïdiat et du récif, le cœur d'un synclinal dont le flanc ouest faillé fait réapparaître les calcaires silteux à *Paraspirifer cultrijugatus* (éch. 2113). Ces deux coupes et ces dernières observations peuvent se résumer dans le tableau suivant :

Niveaux B ₅ B ₆		Puiss.	Réf. c. s.	Coupes B ₅ et B ₆ : Description des niveaux
			87	Calcaires à Polypiers inférieurs.
			82-86	Marnes vertes à <i>Calceola sandalina</i> et <i>Leptaena rhomboidalis</i> (affleurant mal).
			80-81	Marno-calcaires à <i>Acrospirifer speciosus speciosus</i> , <i>Agoniatites</i> sp. et <i>Phacops fecundus</i> .
	6-8	50 m env.	79	Récif d'Aïdiat : calcaire construit à Polypiers (bioherme), reposant à la base sur une couche horizontale à <i>Cyathophyl- lum (Hexagonaria)</i> sp. et à <i>Actinostroma verrucosum</i> .
49-54	1-5	22 m	77	Calcaires gréso-silteux et grès et siltstones calcaires à <i>Spirifer</i> sp. (Pl. XXXVI, fig. 13), <i>Paraspirifer cultrijugatus</i> et <i>Chonetes</i> sp. e. g. <i>plebeius</i> .
45-48		50 m	74-76	Formation puissante de siltstones micacés argilo-calcaires vert clair, devenant roses ou mauves et dolomitiques par altération.
44		0,10 m	73	Deuxième conglomérat ankéritique à nodules phosphatés.
43		2 m	72	Siltstones grossiers.
42		0,50 m	71	Premier conglomérat ankéritique à nodules de phosphate.
41		0,15 m	70	Grès grossier calcaire à matériel éolien, à ripplemarks de grande amplitude.
40		14 m	69	Grès-quartzites fins à <i>Tropidoleptus</i> sp. e. g. <i>carinatus</i> .
39		5 m	68	Grès-quartzites et siltstones ferrugineux à stratification entrecroisée.
38		23 m	67	Siltstones micacés.
37		0,40 m	66	Niveau des calcaires lumachelliques à <i>Acrospirifer</i> sp. e. g. <i>paradoxus-pellico</i> (voir coupe B ₄).

La comparaison des coupes B₅ et B₆ montre que la série des siltstones, comprise entre les conglomérats phosphatés (70-73 de la coupe synthétique) et les calcaires silteux chamois à *Paraspirifer cultrijugatus* (77), est plus puissante dans la coupe B₅ située au Nord. En dehors d'un amincissement stratigraphique vers le Sud, ceci pourrait être dû, soit à un dédoublement de ces siltstones par des failles ayant échappé à l'observation, dans la coupe B₅, soit à un étirement dans la flexure située à l'Est du récif, dans la coupe B₆. La puissance donnée pour ces siltstones, soit 50 m, doit donc être considérée comme une valeur plutôt maxima.

Les calcaires silto-gréseux chamois, en plaquettes, à *Paraspirifer cultrijugatus*, sont bien développés dans les deux coupes, et atteignent une puissance de 27 m. La couche de calcaire à Polypiers (niveau 6 de B₆) n'a pas été observée dans la coupe B₅, peut-être à cause des recouvrements récents; elle affleure cependant à 1 km plus au Sud.

La puissance totale du Couvinien inférieur (non compris le récif d'Aïdiate ni les marno-calcaires à *Phacops fecundus*) est de l'ordre de 120 m. La puissance du reste du Dévonien moyen est difficile à apprécier en l'absence d'affleurements continus. Elle semble du même ordre que dans la coupe de Tighirt et présente des faciès comparables.

5° Coupes et observations complémentaires

En dehors des quatre coupes principales étudiées précédemment, nous ne retiendrons parmi d'innombrables affleurements, que trois points particulièrement intéressants :

— la coupe d'Aguelt Oudiate el Khyam, qui précise la limite entre le Couvinien et le Givetien (coupe D₁₃);

— l'affleurement de Givetien inférieur de la pointe sud-est du massif d'Aïdiate, exceptionnellement riche en *Goniatites*;

— enfin la coupe du Dévonien moyen du synclinal des Oudeï Askaf, qui est le jalon de Dévonien moyen le plus méridional que nous ayons pu observer (coupe B₇).

a) Marno-calcaires d'Aguelt Oudiate el Khyam (Coupe D₁₃)

A 2 km au NE des oglats d'Oudiate el Khyam, les marno-calcaires à *Scoliophyllum lamellosum*, *Spirifer speciosus*, *Phacops fecundus* et *Goniatites*, s'observent particulièrement bien. La disposition du gisement en petites crêtes parallèles est telle que les faunes sont conservées banc par banc sans être mélangées. Ceci a permis de faire des distinctions de faunes entre les différentes barres de calcaires et de constater (voir l'étude paléontologique p. 440 à 455) que la base, particulièrement riche en *Spirifers*, était couvinienne et la partie supérieure, seule à contenir des *Goniatites*, était givetienne. Cet affleurement permet donc de préciser la limite Couvinien-Givetien.

La coupe, dont les puissances ne sont qu'approximatives, se présente comme suit (fig. 69) :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₃ : Description des niveaux	Ech.
16	?	87a	Marnes riches en bancs calcaires bleu clair, à Polypiers et à faune banale de Brachiopodes : COELENTERES : ? <i>Heterophrentis prolifica</i> , <i>Heliophyllum halli</i> , <i>Phillipsastraea</i> sp. e.g. <i>hennahi</i> , <i>Prismatophyllum</i> (<i>Hexagonaria</i>) sp. e.g. <i>magnum</i> ; <i>Stringophyllum duplex</i> , <i>Favosites</i> sp. e.g. <i>goldfussi</i> ; <i>Actinostroma</i> sp. e.g. <i>verrucosum</i> , <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> ; BRACHIOPODES : <i>Cyrtina heteroclyta</i> , <i>Atrypa reticularis</i> de grande taille, <i>Leptaena rhomboidalis</i> .	404
15	?	85-86	Alluvions des Oudiate el Khyam masquant les marnes à Calcéoles et leur pendage.	
14	?	84	Marnes gypseuses très riches en <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> de petite taille, et comportant : COELENTERES : <i>Aulopora serpens</i> , <i>Triplophyllum</i> ? sp. e.g. <i>guillieri</i> ; BRACHIOPODES : « <i>Delthyris</i> » sp. e.g. <i>macrorhynchus</i> , <i>A. reticularis</i> , <i>L. rhomboidalis</i> , <i>Schizophoria</i> aff. <i>striatula</i> , <i>Productella</i> sp. e.g. <i>subaculeata</i> , <i>Gypidula chouberti</i> (rare).	403
13	20 m ?	82	Marnes à faune naine de Brachiopodes, affleurant mal (faune mélangée avec les niveaux qui les encadrent).	402

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₃ : Description des niveaux (suite)	Ech.
12	4 m	81	Quatrième barre de marno-calcaires roses, riche en <i>Gypidula chouberti</i> et en <i>Agoniatites</i> sp. de grande taille; alternance de bancs calcaires et de bancs marneux. La faune est très abondante : SPONGIAIRES : <i>Receptaculites</i> cf. <i>neptuni</i> ; COELENTERES : <i>Microcyclus discus</i> , <i>M. cf. intermedius</i> , <i>Syringaxon</i> sp., <i>Triplophyllum</i> sp. e.g. <i>djemellense</i> , <i>Aulacophyllum</i> sp., <i>Heliophyllum halli</i> , <i>Striatopora magna</i> ; BRACHIOPODES : <i>Hysterolites</i> cf. <i>elegans</i> , <i>Cyrtina heteroclyta</i> , <i>Reticularia</i> sp. e.g. <i>aviceps</i> , <i>R. sp.</i> , « <i>Crurithyris</i> » sp. e.g. <i>inflata</i> , <i>Athyris</i> sp. e.g. <i>spiriferoides</i> , <i>A. sp.</i> , « <i>Meristella</i> » sp., <i>Nucleospira</i> sp. e.g. <i>concinna</i> , cf. <i>Pugnax pugnoides latus</i> , <i>Hypothyridina procuboides</i> , <i>Uncinulus parallelepipedus</i> , <i>U. sp.</i> , <i>Isopoma brachypticta</i> , <i>Atrypa reticularis</i> , <i>Leptaena rhomboidalis</i> , <i>Schizophoria</i> cf. <i>striatula</i> , <i>Aulacella</i> sp. e.g. <i>interlineata</i> , <i>A. nov. sp.</i> , <i>Pholidostrophia lepis</i> , <i>Douvillina</i> sp. e.g. <i>interstitialis</i> , <i>Productella</i> sp. e.g. <i>navicella</i> , <i>P. sp. e.g. subaculeata</i> , <i>Gypidula</i> sp. e.g. <i>galeata</i> , <i>G. cf. globus</i> , <i>G. sp.</i> ; GONIATITES : <i>Agoniatites</i> sp. (de très grande taille); TRILOBITES : <i>Phacops schlotheimi</i> .	401
11	8 m	81	Combe marneuse peu fossilifère.	
10	5 m	81	Troisième barre de marno-calcaires roses, riches en <i>Gypidula chouberti</i> et en <i>Anarcestes</i> sp. de grande taille; alternance de bancs calcaires et de bancs marneux. Faune très riche, mais plus pauvre en Polypiers qu'au-dessus : BRACHIOPODES : <i>Cyrtina heteroclyta</i> , <i>Reticularia</i> sp. e.g. <i>aviceps</i> , <i>Dielasma</i> sp., <i>Athyris spiriferoides</i> , <i>A. sp.</i> , <i>Uncinulus</i> sp., <i>Pugnax pugnoides</i> , <i>Camarotoechia</i> sp., <i>Atrypa reticularis</i> , <i>Leptaena rhomboidalis</i> , <i>Schizophoria</i> aff. <i>striatula</i> , « <i>Orthis</i> » sp., <i>Isorthis</i> sp. e.g. <i>tetragona</i> , <i>Aulacella</i> sp., <i>Fascicostella</i> sp., <i>Schuchertella</i> sp. e.g. <i>umbracula</i> , <i>Chonetes</i> aff. <i>minutus</i> .	400
9	8 m	81	Combe de marnes gypseuses, comportant en surface un mélange de faune des niveaux calcaires qui l'encadrent.	
8	4 m	80	Deuxième niveau de marno-calcaires roses, riches en Spirifers et Crinoïdes. Faune abondante comprenant : COELENTERES : <i>Hadrophyllum pauciradiatum</i> , <i>Scoliophyllum</i> (<i>Cystiphyllum</i>) <i>lamellosum</i> , <i>Lithophyllum</i> cf. <i>vesiculosum</i> ; BRACHIOPODES : <i>Hysterolites elegans</i> , <i>Acrospirifer speciosus speciosus</i> , <i>Mucrospirifer</i> sp. e.g. <i>mucronatus</i> , <i>M. diluvianus</i> , <i>Cyrtina heteroclyta</i> , <i>Reticularia</i> sp. e.g. <i>aviceps</i> , <i>R. sp.</i> , <i>Athyris</i> sp. e.g. <i>concentrica</i> , <i>A. spiriferoides</i> , <i>A. sp.</i> , <i>Kayseria lens</i> , <i>Nucleospira</i> sp. e.g. <i>concinna</i> , « <i>Trigleria</i> » sp. e.g. <i>guerangeri</i> , <i>Camarotoechia</i> sp. a, <i>C. sp. b</i> , <i>Atrypa</i> cf. <i>reticularis</i> , <i>Leptaena rhomboidalis</i> , <i>Schizophoria</i> sp., <i>Rhipidomella vanuxemi</i> , <i>Isorthis</i> sp., <i>Platyorthis</i> sp. e.g. <i>opercularis</i> , <i>Aulacella</i> sp., <i>Fascicostella</i> sp., <i>Stropheodonta</i> sp., <i>Pholidostrophia lepis</i> , <i>Schuchertella</i> sp. e.g. <i>umbracula</i> , <i>Gypidula</i> sp. e.g. <i>galeata</i> , <i>G. sp.</i> ; GASTEROPODES : <i>Platyceras</i> sp.; CEPHALOPODES : <i>Gomphoceras</i> sp.; TRILOBITES : <i>Asteropyge</i> sp., <i>Phacops fecundus degener</i> ; CRINOIDES : <i>Cyathocrinites pinnatus</i> .	399

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₃ : Description des niveaux (suite)	Ech.
7	7 m	80	Combe marneuse et gypseuse comportant une faune abondante qui n'a pu être isolée de la faune du niveau sus-jacent.	399
6	0,10 m	80	Première crête de marno-calcaires, ne comportant qu'un seul banc net de calcaire, de 10 cm de puissance, peu fossilifère.	
5	10 m	80	Combe affleurant mal (marnes probables).	
4	4 m	78	Dalles de grès à patine noire, à empreintes de Spirifers et de Crinoïdes (<i>Cyathocrinites pinnatus</i>).	398
3	4 m	77	Dalle de calcaire gréseux lumachellique, légèrement micacé, chamois, à débris de Brachiopodes et de Crinoïdes, et à Ostracodes et Eoptéropodes.	397
2	20 m		Dalles de grès-quartzite dur.	
1			Siltstones tendres.	

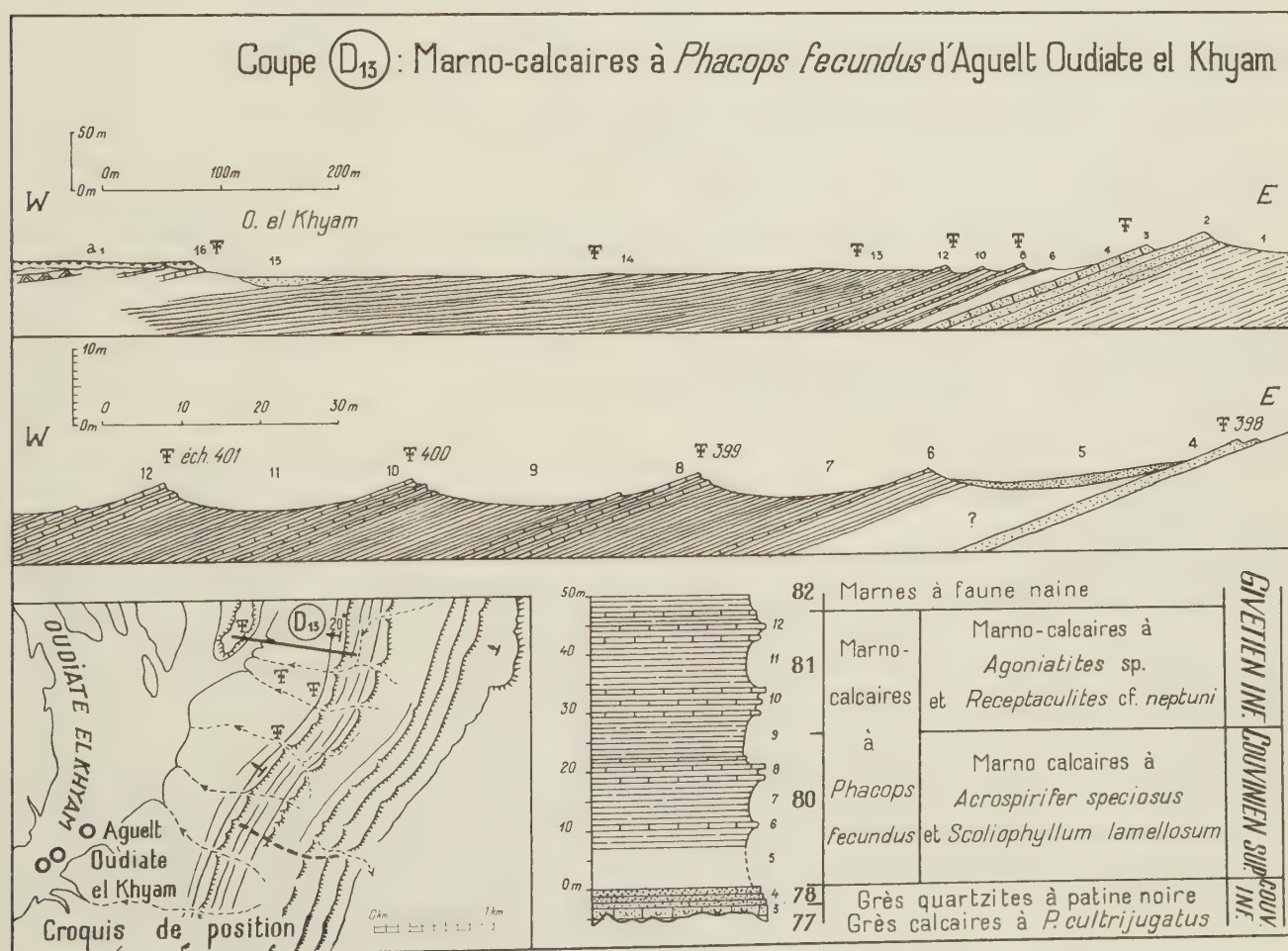


FIGURE 69

Les marno-calcaires à *Phacops fecundus* (niveaux 80-81 de la coupe synthétique) qui, par suite de leur faible consolidation, affleurent généralement mal, offrent ici une disposition particulièrement favorable, qui permet de récolter isolément, en surface, les faunes de chacune des crêtes calcaires. Il apparaît tout de suite dans cette coupe que les niveaux calcaires inférieurs sont très riches en Spirifers et que ces Brachiopodes deviennent rares dans les bancs supérieurs, alors qu'au contraire les Goniates n'existent que dans les bancs supérieurs. De même *Scoliophyllum lamellosum*, Polypier de forme très caractéristique, est limité aux bancs inférieurs, tandis que *Receptaculites* cf. *neptuni* n'existe que vers le haut.

Les bancs supérieurs, qui contiennent des Goniates (*Agoniatites* sp.), n'ont pas livré dans ce gisement *Werneroceras crispiforme*, mais il ne fait pas de doute que ce dernier, trouvé en plusieurs autres points, appartient à ce niveau précis (Aguelt Nebka; pointe sud-est d'Aïdiate).

Cette coupe peut se résumer ainsi :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe D ₁₃ : Description des niveaux
16	?	87a	Marnes avec bancs calcaires à Polypiers.
15	?	85-86	Marnes à <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> .
14	?	84	Marnes à <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> de petite taille.
13	20 m ?	82	Marnes à faune naine de Brachiopodes.
9-12	25 m	81	Marno-calcaires roses et marnes à <i>Receptaculites</i> cf. <i>neptuni</i> et <i>Agoniatites</i> sp.
5-8	21 m	80	Marno-calcaires roses et marnes à <i>Scoliophyllum lamellosum</i> , <i>Acrospirifer speciosus speciosus</i> , <i>Mucrospirifer</i> sp. e. g. <i>mucronatus</i> et <i>M. diluvianus</i> .
4	4 m	78	Grès à patine noire, à empreintes de Spirifers et de Crinoïdes.
3	4 m	77	Calcaire gréseux lumachellique (niveau à <i>P. cultrijugatus</i>).
2	20 m	75	Grès-quartzite dur (= corniche des grès de Tighirt).
1		74	Siltstones tendres.
5-12	46 m	80+81	

b) Marno-calcaires à Goniates de la pointe sud-ouest du massif crétacé d'Aïdiate

Cet affleurement remarquable se trouve à 7 km au SSW de Bir Aïdiate et à 1,2 km au SE de la pointe sud-ouest du massif crétacé d'Aïdiate (voir feuille Bir Aïdiate). Situé à la ligne de partage des eaux entre le bassin des Oudeï Askaf et celui de l'Oued Aïdiate, il n'est de ce fait pas masqué par des alluvions récentes. On trouve là, dans la partie supérieure des marno-calcaires, au-dessus d'une coupe comparable à celle de Bir Aïdiate (B₅, p. 394), un très beau gisement fossilifère (éch. 2082) particulièrement riche en Goniates (éch. 2081). Ce gisement est relativement étalé par suite de la faible valeur du pendage, 1 à 2°.

La faune a livré principalement : COELENTERES : *Microcyclus discus*, *M. cf. intermedius*, *Hadrophyllum* sp., *Syringaxon bohémica barrandei*, « *Zaphrentis* » (*Triplophyllum*) cf. *guillieri*, *Lithophyllum* (= *Zonophyllum*) cf. *septatum*, ? *Glossophyllum* cf. *lateseptatum*, « *Calipora* » sp. nov., *Striatopora magna*, *Roemeria* sp. ?; BRACHIOPODES : *Hysterolites elegans*, *Cyrtina heteroclyta*, *Reticularia* sp. e. g. *aviceps*, *Eoreticularia* sp., *Ambocoelia* sp. e. g. *umbonata*, *A. sp.*, *Athyris* sp. e. g. *spiriferoides*, *Athyris* sp., *Plectospira longirostris*, *Uncinulus* cf. *pentagonus*, *Pugnax pugnoides* (3 variétés), *P. pugnoides latus*, *P. sp. e. g. pugnoides*, *Hypothyridina procuboides*, cf. *Septalaria subtetragona*, « *Camarotoechia* » sp., *Dicamara prunulum*, *Atrypa reticularis*, *Leptaena rhom-*

boidalis, *Schizophoria* aff. *striatula*, *Isorthis* sp. ?, *Aulacella interlineata*, *Stropheodonta* (*Brachyprion*) sp. e. g. *phillipsii*, *Schuchertella* sp. e. g. *umbracula*, *Productella* sp. e. g. *navicella*, *Gypidula chouberti*, *G.* cf. *globus*; GASTEROPODES : *Ruedemannia*? sp., *Tropidodiscus*? sp.; GONIATITES : *Werneroceras crispiforme*, *Subanarcestes macrocephalus*, *Agoniatites* sp. (même espèce que Pl. XL, fig. 9-10), *Agoniatites costulatus*, *Foordites psittacinum*, *Wedekindella* cf. *clarkei*; TRILOBITES : *Phacops* (*Phacops*) *fecundus degener*, *Asteropyge* (*Neometacanthus*) *stellifer*, *Pseudocryphaeus*? *mesocristata jacqueti*.

La faune particulièrement riche de ce gisement appartient au niveau 81 de la coupe synthétique. La zone la plus fossilifère se trouve à la partie tout à fait supérieure des niveaux marno-calcaires. Le gisement contient en particulier de très abondantes petites Goniatites noires ferruginisées et souvent bien conservées (Pl. XL, fig. 3-5), mais également, comme à Aguel Nebka, des Goniatites de plus grande taille, à conservation calcaire, parmi lesquelles notamment *Werneroceras crispiforme* (= *Anarcestes rouvillei*).

c) Dévonien moyen du brachysynclinal des Oudeï Askaf

Le Dévonien moyen du brachysynclinal des Oudeï Askaf est le plus méridional que nous ayons pu étudier. Sa partie inférieure, jusqu'aux calcaires gréseux à *Paraspirifer cultrijugatus* compris, est identique à celle de la coupe d'Aïdiate, d'ailleurs très voisine. Nous donnerons une coupe som-

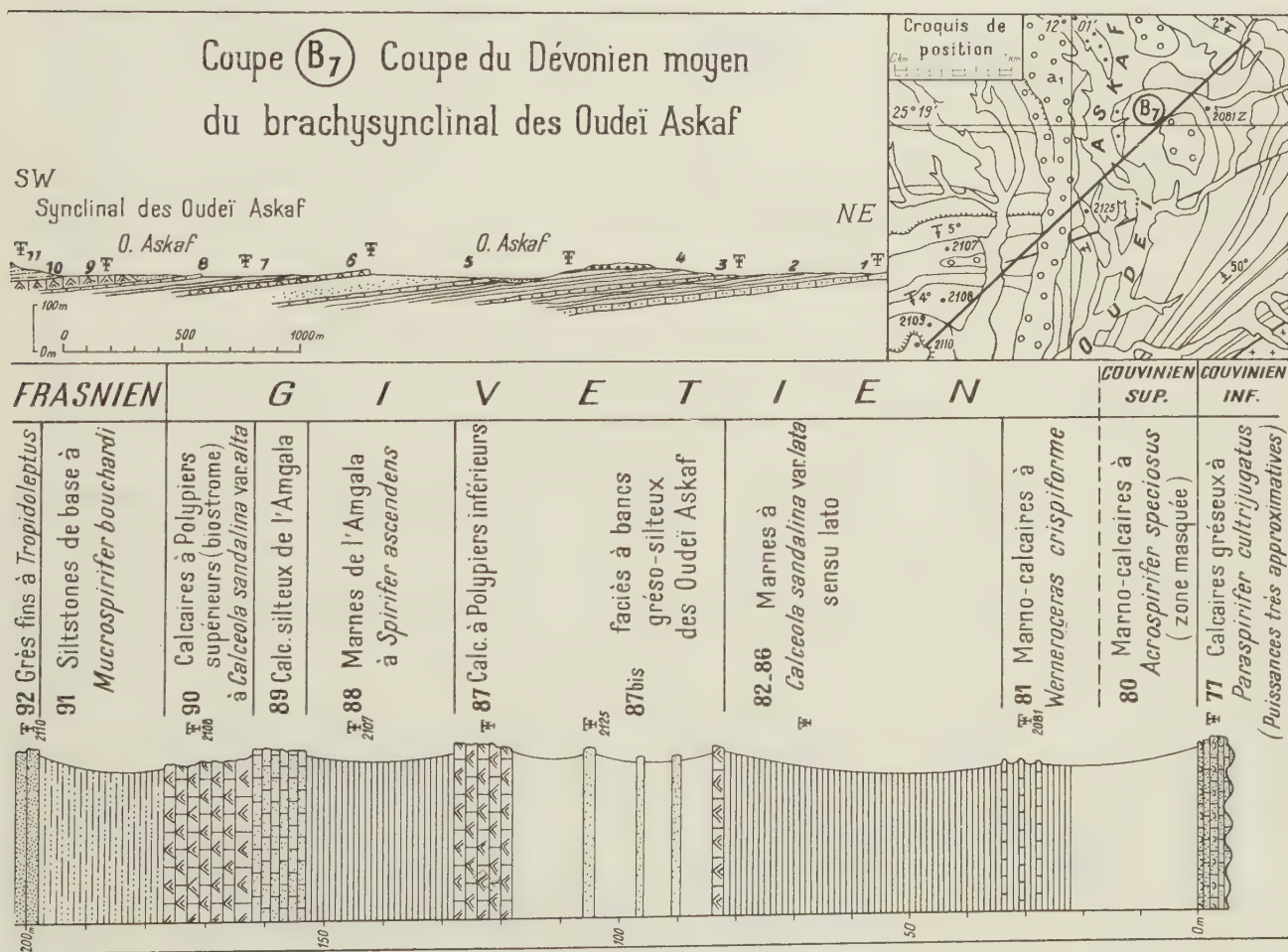


FIGURE 70

maire de la partie supérieure, les puissances étant calculées approximativement, en l'absence de mesures précises, en prenant un pendage moyen de 3°, le pendage réel variant en réalité entre 2 et 5° (fig. 70).

La coupe est la suivante de haut en bas :

Niv.	Puiss. approx.	Réf. c. s.	Coupe B ₇ : Description des niveaux	Ech.
11	4 m	92	Grès fins silteux un peu calcaires et micacés, à patine noire, à empreintes de <i>Mucrospirifer</i> sp., de <i>Chonetes</i> sp., de Crinoïdes et de Tentaculites. Des affleurements voisins ont livré <i>Tropidoleptus carinatus</i> .	2110
10	21 m	91	Pélites micacées un peu calcaires, chloriteuses et argileuses, avec des bancs plus grossiers de siltstones; azoïque ici, ce niveau a livré <i>Mucrospirifer bouchardi</i> un peu plus à l'Ouest, dans le synclinal de l'Oued Timellouza.	2109
9	15 m	90	Biostrome à Polypiers : calcaire bleu, constitué par de nombreux Polypiers non consolidés, comportant : POLYPIERS : <i>Streptelasma</i> sp., <i>Aulacophyllum</i> ?, <i>Spinophyllum</i> sp., <i>Macgeea</i> sp. e.g. <i>solitaria</i> , ? <i>Stringophyllum</i> <i>quasinormale</i> , <i>Lithophyllum</i> (= <i>Zonophyllum</i>) sp. e.g. <i>septatum</i> , <i>Lithophyllum</i> sp. (e.g. <i>striatum</i> ?), <i>Digonophyllum</i> (<i>Pseudocosmophyllum</i>) sp. e.g. <i>geigeri</i> , <i>Cosmophyllum</i> sp., <i>Dialtyophyllum</i> sp. nov. (e.g. <i>secundum</i> ?), <i>Chaetetes</i> sp. e.g. <i>pyriformis</i> , <i>Favosites</i> sp. e.g. <i>graffi</i> , <i>Favosites</i> (<i>Staphylopora</i> ?) cf. <i>chaetetiformis</i> , <i>Thamnopora</i> sp. e.g. <i>dubia</i> , <i>T.</i> sp., <i>Alveolites</i> sp. e.g. <i>suborbicularis</i> , <i>Actinostroma clathratum</i> , <i>Calceola sandalina</i> var. <i>alta</i> ; BRACHIOPODES : <i>Atrypa aspera</i> , <i>Aulacella</i> sp.	2108
8	9 m	89	Calcaires silteux à patine chamois ou orangée, en petits bancs ou en plaquettes (= calcaires de l'Amgala).	
7	25 m	88	Marnes vertes contenant une faune assez voisine, mais légèrement différente de la faune de l'Amgala, dont : BRACHIOPODES : <i>Spirifer</i> (<i>Spinocyrtia</i>) <i>ascendens</i> , <i>Sp.</i> (<i>Spinocyrtia</i>) <i>ascendens</i> var. <i>zemmourensis</i> , <i>Cyrtina heteroclyta</i> , <i>Reticularia</i> sp. e.g. <i>aviceps</i> , <i>R.</i> sp., <i>Athyris spiriferoides</i> , <i>A.</i> sp. e.g. <i>concentrica</i> , <i>A.</i> sp., <i>Uncinulus</i> sp. e.g. <i>parallelepipedus</i> , <i>Camarotoechia</i> cf. <i>osculum</i> , <i>Atrypa aspera</i> , <i>A. reticularis</i> , <i>Leptaena rhomboidalis</i> , <i>Schizophoria striatula</i> , <i>Schuchertella</i> sp., <i>Chonetes coronatus</i> var. <i>zemmourensis</i> .	2193 2107
6	10 m	87	Bancs calcaires riches en Polypiers et Bryozoaires (biostrome à Polypiers).	
5	36 m	87 bis	Alternances de marnes silteuses, de bancs calcaires riches en Polypiers et de bancs gréseux un peu micacés (faciès gréseux des Oudeï Askaf) formant des crêtes, contenant quelques rares Brachiopodes (<i>Spirifer ascendens</i> var. <i>zemmourensis</i> , <i>Athyris</i> sp.) et des empreintes de petites colonies de Polypiers (<i>Pleurodictyum</i> sp. et <i>Procteria granulifera</i>).	2126 2125
4	48 m	82-86	Ensemble de marnes, affleurant assez mal, silteuses par endroit, riches en <i>Calceola sandalina</i> var. <i>lata</i> et en faune banale de Brachiopodes (<i>Leptaena rhomboidalis</i> , etc.). La succession détaillée des faunes se voit mal. Vers le haut se rencontre en particulier <i>Glossostrophia caudata</i> .	

Niv.	Puiss. approx.	Réf. c. s.	Coupe B ₇ : Description des niveaux (suite)	Ech.
3	12 m visibles	81	Marnes avec quelques bancs de calcaires argileux contenant la même faune, mais en un moins bel affleurement, que les marno-calcaires du gisement 2082 situé un peu plus au Nord (p. 402). On retrouve notamment les <i>Gonia-tites</i> ferrugineuses de ce gisement.	2081 Z
2	20 m	79-80	Zone masquée (marno-calcaires probables).	
1		77	Calcaires silteux chamois à <i>Paraspirifer cultrijugatus</i> (voir coupes B ₅ et B ₆).	

Cette coupe nous apprend donc qu'à l'extrémité sud de la zone mauritanienne du Zemmour, la partie supérieure du Dévonien moyen conservée au cœur du synclinal des Oudeï Askaf, offre une séquence qui, malgré la distance, reste très analogue à celle de la région de Tighirt ou d'Amgli el Harra.

La diminution d'épaisseur semble, malgré le caractère approximatif des mesures, provenir surtout d'une réduction de puissance de l'ensemble des marnes à Calcéoles et des calcaires à Polypiers inférieurs. Mais remarquons que le flanc oriental du brachysynclinal des Oudeï Askaf est en contact anormal avec le socle granitique à moins de 2 km de la coupe, avec probablement un léger chevauchement. Les couches plastiques du Siegenien et du Gotlandien sont très laminées ainsi que tout le Cambro-Ordovicien qui est réduit à quelques écailles. Il se pourrait donc que les marnes à Calcéoles, particulièrement plastiques, aient subi une réduction d'épaisseur d'origine tectonique, malgré l'apparente tranquillité de la coupe.

Un autre enseignement précieux de cette coupe est l'apparition, vers le haut des marnes à Calcéoles et dans les « Polypiers inférieurs », de niveaux détritiques inconnus plus au Nord, comportant des grès fins et des siltstones micacés. C'est ce faciès que l'on conviendra d'appeler le « faciès gréseux des Oudeï Askaf ».

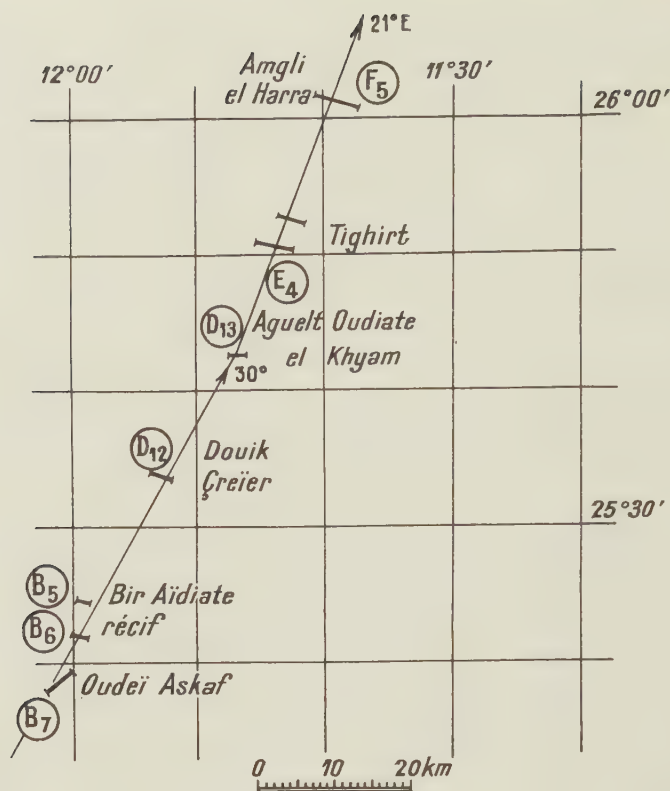
B. — ESSAI DE SYNTHÈSE : CORRÉLATION DES COUPES ÉTUDIÉES

La position géographique des sept coupes intéressant le Dévonien moyen est indiquée sur la fig. 71. Elles sont disposées sur un alignement NNE-SSW et échelonnées sur 90 km. Le schéma de la fig. 72 est un essai de corrélation de ces diverses coupes entre elles, en respectant leurs distances relatives.

Aucune de ces coupes ne concerne la totalité du Dévonien moyen, mais leur ensemble permet d'en reconstituer un schéma général. Toutes ont été alignées sur la limite supérieure du Dévonien moyen, au mur des grès et siltstones du Dévonien supérieur. Si la plupart des niveaux distingués se suivent avec de simples variations de puissance, du Nord au Sud, certains termes présentent toutefois des variations locales, tels que le bioherme d'Aïdiate, le faciès quartzitique des grès de Tighirt (à Tighirt même), le faciès gréso-silteux des Oudeï Askaf, à la base des « Polypiers inférieurs ».

Le schéma de corrélation montre que l'on peut distinguer, sur toute la longueur du secteur, les principaux niveaux suivants :

- 90 — Calcaires à Polypiers supérieurs, à *Calceola sandalina* var. *alta*.
- 89 — Calcaires silteux de l'Amgala.
- 88 — Marnes de l'Amgala à *Spirifer ascendens* var. *zemmourensis*.
- 87 — Calcaires à Polypiers inférieurs.
- 82-86 — Marnes à *Calceola sandalina* var. *lata*.
- 80-81 — Marno-calcaires à *Phacops fecundus*.
- 77 — Calcaires silteux et grès calcaires à *Spirifer cultrijugatus*.
- 67-76 — Grès et siltstones de Tighirt.



Position des coupes du Dévonien moyen

FIGURE 71

En première approximation, cette succession est très constante tout le long du secteur. Elle est caractérisée par une séquence essentiellement grés-silteuse du niveau 67 au niveau 78 (Couvinien inférieur) et par une séquence marno-calcaire comprenant plusieurs épisodes récifaux, du niveau 79 au niveau 90 (Couvinien supérieur et surtout Givetien).

En dehors des faunes, quelques points de cette succession sont des repères particulièrement précieux pour l'étude des zones fortement plissées. Ce sont par exemple : le brusque passage, toujours marqué dans la topographie, des grès et grès-quartzites 67-78 aux marnes et marno-calcaires 80-86; les biostromes à Polypiers; la trilogie marnes de l'Amgala, calcaires silteux de l'Amgala et biostrome des « Polypiers supérieurs ». Cette trilogie très constante permet de différencier, dans les zones complexes, les calcaires à Polypiers inférieurs (87) et supérieurs (90), lithologiquement très semblables.

Dans la mesure où les puissances sont exactes, la partie inférieure à caractère détritique aurait une puissance totale assez constante, malgré d'assez grandes variations dans le détail des faciès, tandis que la partie supérieure doublerait presque de puissance du Sud au Nord (tableau n° 29).

Le Dévonien moyen pris dans son ensemble varierait du Sud au Nord de 300 à 400 m. Cette augmentation, due à celle du Givetien marno-calcaire, semble se poursuivre plus au Nord, dans la région des Gour Aïn Terguit, où une puissance de l'ordre du millier de mètres ne paraît pas impensable.

Les faciès détritiques du Couvinien inférieur, dont l'âge sera discuté plus loin, sont assez variables. Dans le Sud, à Bir Aidiat, à la base ce sont des grès-quartzites à *Tropidoleptus*, surmontés de siltstones et terminés par des calcaires gréseux et grès calcaires à *P. cultrijugatus*. Des

niveaux conglomératiques à nodules phosphatés se rencontrent vers le milieu de la formation, aussi bien à Tighirt qu'à Bir Aidiata.

	Aïdiata	Tighirt	Amgli el Harra
Faciès marno-calcaires (Couvinien supérieur + Givetien)	180 m	240 m	340 m
Faciès grés-silteux (Couvinien inférieur)	120 m	120 m	min. 50 m ??
Total du Dévonien moyen	300 m	360 m	min. 390 m

TABLEAU n° 29
Puissances du Dévonien moyen

Les grès calcaires à *P. cultrijugatus* diminuent de puissance vers le Nord et n'ont plus que quelques mètres à Tighirt. En revanche dans cette région, à leur base apparaissent les grès-quartzites de Tighirt qui semblent disparaître rapidement au Nord comme au Sud. Dans la coupe d'Amgli el Harra, le log du B.R.P. indique une puissance très réduite pour cet ensemble. Ceci est certainement en partie exact, comme le suggère la disparition des faciès gréseux sur la piste de Smara à el Rgheoua. Toutefois cette diminution d'épaisseur est peut-être partiellement due à un accident tectonique que masqueraient les alluvions de l'Oued Aïn Terguit.

Les faciès marno-calcaires sus-jacents débutent par un épisode à caractère récifal, qui est généralement un biostrome peu épais (0,5 à 4 m) à Polypiers et Bryozoaires, très riche en Cystiphyllidés, et qui peut passer localement à un bioherme riche en Tabulés et Stromatopores (récif de Bir Aidiata). Cette première apparition massive des Polypiers s'observe en particulier très bien dans les plis situés à l'Ouest de Tighirt et d'Aguelt Oudiate el Khyam.

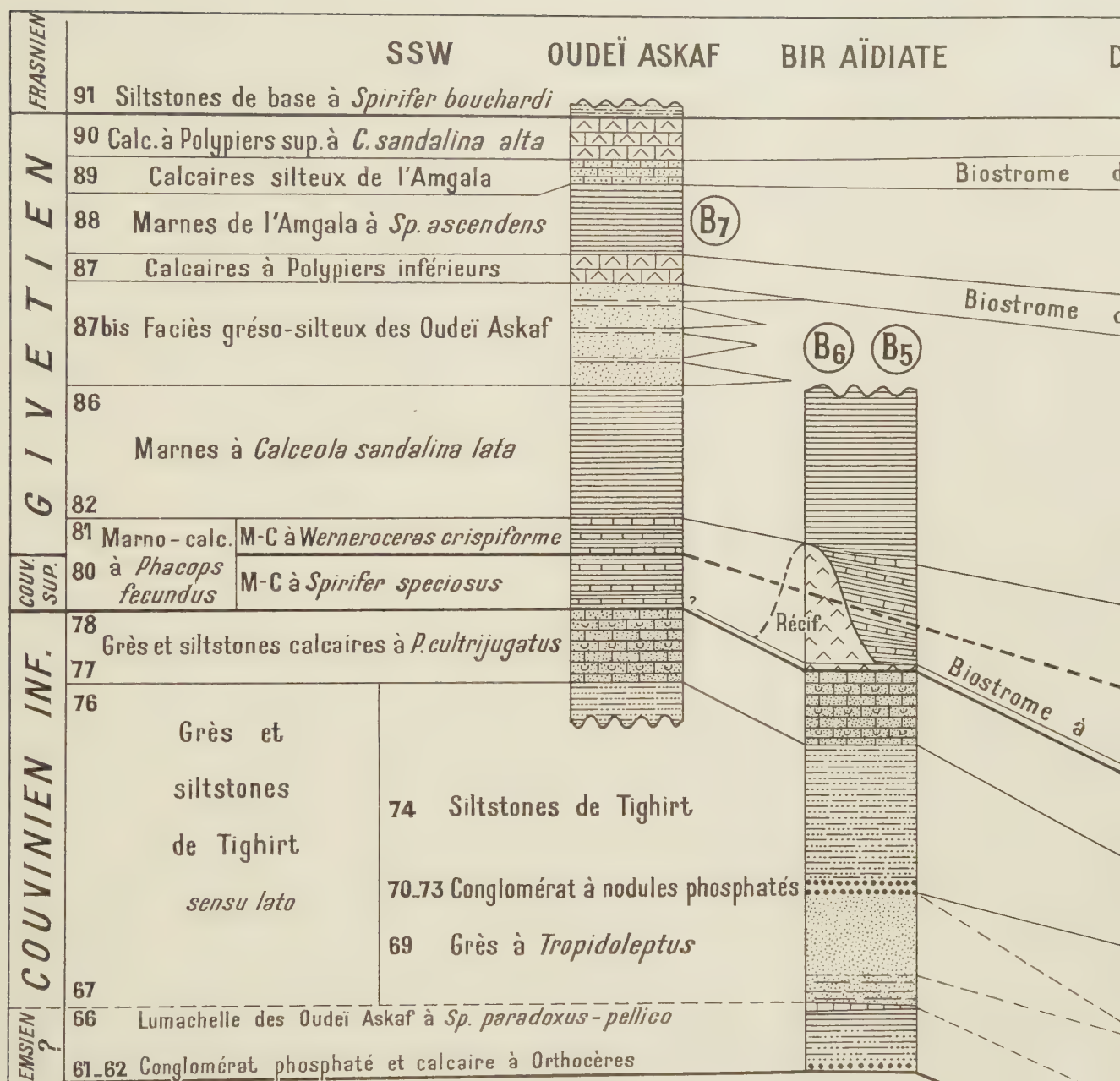
Ensuite viennent des alternances de marnes et de marno-calcaires, souvent roses en surface, dont la faune est remarquablement abondante. C'est vers le milieu de ces marno-calcaires que se situe l'apparition de *Werneroceras crispiforme* (= *Anarcestes rouvillei*) et par conséquent la limite Couvinien-Givetien (voir p. 455). La série se poursuit par les marnes à *Calceola sandalina* que l'étude des faunes a permis de subdiviser approximativement en plusieurs niveaux, à savoir de haut en bas :

- 86 — Marnes à *Glossostrophia caudata*.
- 85 — Marnes à *Calceola sandalina* var. *lata*, *sensu stricto*.
- 84 — Marnes à *Calceola sandalina* (forme naine).
- 83 — Marnes à *Gypidula chouberti*.
- 82 — Marnes à faune naine à *Productella* sp. e. g. *navicella*.

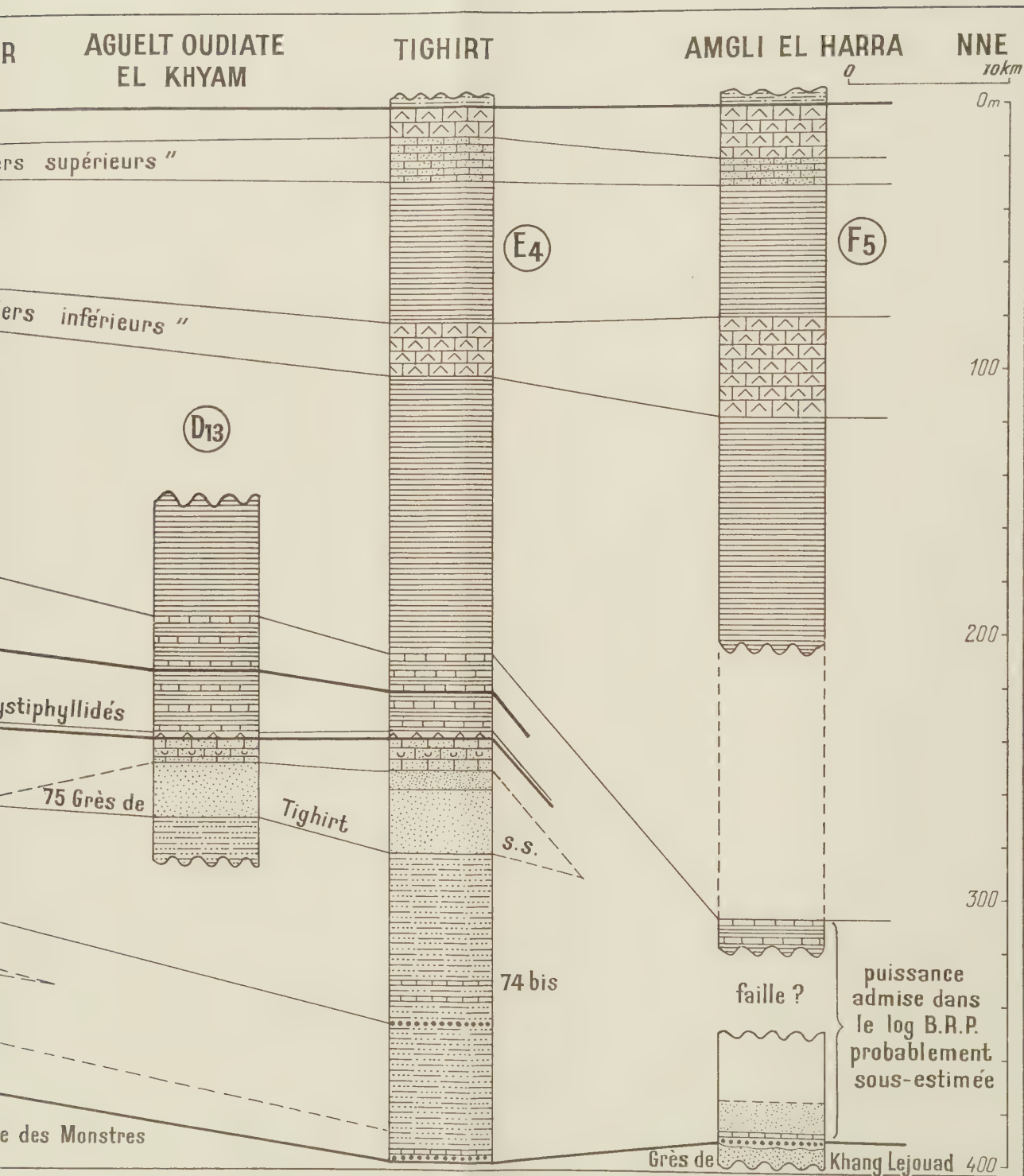
La formation marno-calcaire se termine par deux biostromes très constants (les calcaires à Polypiers inférieurs et supérieurs) séparés par les marnes vertes de l'Amgala à *Spinocyrtia ascendens* (88) et par les calcaires silteux et encrinites de l'Amgala (89). Le biostrome inférieur (87) est le plus puissant; il est déjà annoncé dans les marnes à Calcéoles par des bancs isolés très riches en Polypiers (85 bis), si bien que la limite marnes-calcaires n'est pas toujours facile à déterminer. Ces quatre faciès s'épaississent vers le Nord. Leur grande constance permet une cartographie détaillée du Givetien dans les zones plissées.

Au Sud, des niveaux gréseux (faciès grés-silteux des Oudeï Askaf), à rares empreintes de Polypiers, apparaissent vers le sommet des marnes à Calcéoles et à la base des calcaires à Polypiers inférieurs.

A ces données stratigraphiques de terrain, nous ajouterons maintenant des observations pétrographiques et paléontologiques qui permettront de compléter et de justifier ce premier essai de synthèse.



Essai de corrélation des coupes du Dévonien moyen
le long de la bordure orientale du Zemmour



CHAPITRE II

ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

Nous avons vu que le Dévonien moyen comportait à la base (Couvinien inférieur) des faciès grés-silteux avec niveaux phosphatés. Ces faciès sont très comparables à ceux de la partie supérieure du Dévonien inférieur, dont ils ne sont que la continuation.

Comme nous allons le voir, toute différente est la succession qui apparaît avec le Couvinien supérieur et qui se poursuit pendant tout le Givetien. Elle est en effet caractérisée par l'association de marnes, de marno-calcaires, de calcaires à Polypiers, d'encrinites et de quelques grès calcaires. Les grès francs sont rares. En revanche apparaissent des calcaires construits récifaux et même, dans les calcaires de l'Amgala, les premières oolithes calcaires. Enfin les débris d'organismes prennent une part de plus en plus prépondérante dans l'édification des roches.

Tous les détails des observations concernant les échantillons du Dévonien moyen sont réunis dans les tableaux stratigraphiques X à XIV. Comme pour le Dévonien inférieur, nous verrons en premier lieu la liste des roches récoltées, puis l'étude pétrographique des principales catégories de ces roches et nous terminerons en envisageant les caractères généraux de l'ensemble de la formation et de ses niveaux les plus caractéristiques.

A. — LISTE DES ROCHES DU DÉVONIEN MOYEN

Le Couvinien inférieur comporte surtout des faciès détritiques :

- 1° Conglomérats à nodules phosphatés d'Aïdiate (niveaux **71** et **73**). Grès-quartzeux grossier un peu calcaire et ferrugineux à grains de quartz éoliens (**70**);
- 2° Grès-quartzites à *Tropidoleptus* et grès-quartzites de Tighirt à *Mucrospirifer* et à Plantes (?) (**69, 75, 76, 78**);
- 3° Grès calcaires et calcaires grés-silteux à *Paraspirifer cultrijugatus* (**77**);
- 4° Siltstones argileux micacés de Tighirt (**67, 68, 72, 74, 76**);
- 5° Faciès carbonatés associés aux siltstones de Tighirt (**74 bis**) :
 - grès calcaire poecilithique à fins débris de Crinoïdes, Trilobites, Brachiopodes et Ostracodes;
 - encrinite calcaire;
 - calcaire magnésien argileux à fin débris de Crinoïdes, Ostracodes et Eoptéropodes;
 - dolomie calcaire ferrugineuse, etc.

Le Couvinien supérieur et le Givetien comportent encore des niveaux détritiques, mais les faciès calcaires et marneux dominant :

- 6° Siltstones calcaires et calcaires silteux de l'Amgala (89);
- 7° Lumachelles et encrinites de l'Amgala (88 bis);
- 8° Calcaires oolithiques de l'Amgala (89);
- 9° Marnes à Calcéoles (82 à 86) et marnes de l'Amgala (88);
- 10° Marno-calcaires à *Phacops fecundus* (80, 81);
- 11° Calcaires à Polypiers (79, 85 bis, 87, 90).

On trouvera les déterminations détaillées de ces roches dans les tableaux stratigraphiques X à XIV et leur description pétrographique dans les pages qui suivent.

B. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE DES PRINCIPAUX FACIÈS

1° *Les conglomérats phosphatés d'Aïdiate* (niveaux 71 et 73) *et les grès associés* (niveaux 70 et 72)

Un peu au-dessus de la lumachelle à *Spirifer paradoxus-pellico* des Oudeï Askaf, notamment dans la région d'Aïdiate, on observe deux petits conglomérats à nodules phosphatés, qui sont séparés l'un de l'autre par 2 m de siltstones, et dont le premier repose sur un petit banc de grès assez particulier.

a) *Les roches détritiques associées* (niveaux 70 et 72)

Dans toute la région d'Aïdiate, le niveau phosphaté repose sur un petit banc de 0,10 à 0,20 m de grès quartzueux grossier un peu calcaire et ferrugineux, gris, à patine noire, à grains de quartz éoliens, à rares oolithes chlorito-calcaires et à débris roulés de phosphate pélitique (niveau 70).

Examen macroscopique

C'est une roche en plaquettes, grise, à grains assez grossier, à cassure semi-grenue, à grains très ronds émoussés, contenant quelques grains noirs de phosphate de même taille que le quartz; le ciment, ferrugineux, fait légèrement effervescence à ClH normal; il n'y a pas de débris de fossiles.

Examen microscopique (Pl. XVIII, fig. 1)

- Structure assez grossière, mais régulière;
- Texture détritique à grains presque jointifs;
- Grains de quartz arrondis parfaitement usés, bien calibrés (max. 1 000 μ - moy. 650 μ - min. 250 μ) de type éolien; certains proviennent de quartzite orienté;
- Quelques microgalets de pélite micacée phosphatée et de phosphate un peu pélitique, jaune en lame mince;
- Quelques oolithes à cœur de calcite et périphérie de chlorite;
- Fond constitué par un grès calcaire et ferrugineux [texture détritique à grains jointifs, grains de quartz arrondi à anguleux (120 μ - 50 μ - 12 μ), paillettes de muscovite, grains de zircon et tourmaline, ciment de calcite avec un peu de chlorite et de goëthite].

Ce grès comporte une double granulométrie : un matériel de type éolien classé autour de 600 μ , un autre plus fin et moins usé, classé autour de 50 μ . Il s'agit certainement d'un sédiment très peu profond, assez proche des rivages, dont une partie du matériel serait d'origine éolienne. Ce mince niveau, qui est seul de son espèce dans la série dévonienne, est localement un bon repère stratigraphique.

Au-dessus de ce grès viennent les deux niveaux conglomératiques phosphatés, séparés l'un de l'autre par 2 m de siltstone grossier dolomitique calcaire, micacé, jaunâtre (éch. 21 764, analyse chimique 107). Ce siltstone, qui contient quelques débris de Brachiopodes, est encore un sédiment d'origine marine.

b) Les poudingues phosphatés (niveaux 71 et 73)

Les deux niveaux conglomératiques sont très comparables. Le premier a une puissance de 50 cm environ, et le deuxième de 5 à 15 cm. Ce dernier présente toutefois une gangue plus calcaire et moins gréseuse que l'autre.

Examen macroscopique

Sur le terrain, la surface supérieure du premier niveau montre des ondulations, sorte de ripplemarks de très grande amplitude (50 cm). Ces roches sont des conglomérats, à grains ronds mats de quartz bien roulé blanc, à petits galets et graviers noirs, lisses, abondants, de phosphate, et bruns de calcaire, et à nodules à formes plus irrégulières, également en phosphate noir. Le ciment jaune qui lie ces éléments est carbonaté, et donne avec ClH normal une effervescence, nette pour le niveau inférieur, forte pour le niveau supérieur. Dans certains échantillons de Tighirt qui ont été rapportés à ces niveaux, le ciment est ferrugineux et de couleur rouge vin. L'essai du phosphomolybdate, sur les galets noirs réduits en poudre, est généralement bien net.

Examen microscopique (Pl. XVIII, fig. 2 et 3)

— Structure conglomératique et texture détritique à grains non jointifs;
 — Grains de quartz et de quartzite orienté, parfaitement roulés (max. 4 000 μ - moy. 1 000 μ - min. 200 μ) de type éolien, identiques à ceux du grès sous-jacent 70 (comparer les fig. 1, 2 et 3 de la Pl. XVIII);
 — Galets, nodules et grains de toute taille, la plupart inférieurs à 1 cm, mais certains pouvant atteindre 8 cm dans leur plus grande dimension, constitués de grès fins micacés phosphatés, de siltstones micacés plus ou moins calcaires et ferrugineux, de pélites micacées phosphatées, de phosphates gréseux, de phosphates silteux, de phosphates pélitiques micacés, de phosphates purs, toutes variétés analogues à celles qui ont été décrites en détail lors de l'étude des niveaux phosphatés du Dévonien inférieur (p. 339).

Ces galets et nodules contiennent en quantité variable quartz, muscovite, biotite, tourmaline et zircon, dans un ciment de phosphate, calcite et goethite en proportions également variables. Ils contiennent aussi des débris d'Eoptéropodes et d'Ostracodes.

— La gangue du conglomérat est constituée d'un carbonate (ankérite ?) en cristaux automorphes, de calcite et de goethite, dans lesquels flottent quelques fins grains de quartz.

Analyses chimiques

L'analyse chimique de ces conglomérats (tableau d'analyses chimiques 16, analyses 103 à 105) confirme la nature phosphatée des nodules. L'analyse brute de deux conglomérats a donné une teneur de 3,3 et de 4,4 % de phosphate tricalcique. L'analyse de nodules noirs triés, facilement séparables de la gangue dans le niveau 73 d'Aïdiate, révèle une teneur de 49,8 % en phosphate tricalcique (22,8 % de P_2O_5), plus élevée que la teneur maxima observée pour les nodules du Dévonien inférieur (20,7 % de P_2O_5). La nature de ce phosphate a été envisagée lors de l'étude du Dévonien inférieur (p. 342).

Ces conglomérats contiennent de 35,0 à 43,3 % de carbonates, provenant en majeure partie du ciment, mais également de certains nodules. Le ciment de la roche est notablement magnésien, les proportions calcite/dolomite variant entre 82,5/17,5 et 94,5/5,5.

Enfin ces conglomérats sont relativement riches en fer : à Aïdiate, l'analyse du niveau inférieur indique 11,3 % de fer métal; le niveau de Tighirt atteint 16,6 %. Un essai sur l'échantillon 2018 a montré que le fer était sous forme ferrique. Il serait donc sous forme de goethite et non pas de carbonate (ceci est en contradiction avec notre détermination du carbonate au microscope).

Pour les caractères généraux de ces roches et leur interprétation, on se reportera à l'étude des niveaux phosphatés, faite lors de l'étude pétrographique du Dévonien inférieur (p. 338 à 345).

2° Les grès-quartzites du Couvinien inférieur (niveaux 69, 74, 76 et 78)

Les grès-quartzites à *Tropidoleptus* (69) et les grès-quartzites de Tighirt à *Mucrospirifer* (75, 76, 78) sont les faciès les plus grossiers de tout le Dévonien moyen. Ils restent cependant des grès relativement fins, qui présentent avec les siltstones de Tighirt tous les intermédiaires. Les grès quartzites à *Tropidoleptus* sont très fins (grains maxima n'atteignant qu'exceptionnellement 200 μ ; grains moyens de 60 à 100 μ); les grès-quartzites de Tighirt (75) sont les plus grossiers, ou plus

exactement les moins fins (taille maxima des grains 330 μ ; grains moyens de 90 à 150 μ); la partie supérieure des grès de Tighirt (76) est plus fine; quant au banc de grès et siltstone à patine noire (78) qui termine les calcaires silteux à *Paraspirifer cultrijugatus* (77), ils sont beaucoup plus fins et ne sont qu'un terme moins calcaire du niveau 77.

Nous étudierons ici les deux principaux faciès, les grès-quartzites à *Tropidoleptus* et les grès-quartzites de Tighirt à *Mucrospirifer* et à *Plantes* (?).

a) Les grès-quartzites à *Tropidoleptus*

Ces grès sont en particulier bien visibles dans la région sud (Bir Aïdiate).

Examen macroscopique

Ce sont des roches à grain très fin, à aspect quartzitique, se débitant en plaquettes de 2 à 5 cm de puissance; la cassure est généralement tranchante écailleuse, ce caractère s'accroissant en zone plissée; elle est de couleur brune, brun noir ou violacée; la patine est sombre: brun noir ou brun rouge; en zone plissée, la roche peut être envahie par une ferruginisation secondaire. ClH normal reste sans action ou ne donne qu'une effervescence presque nulle. La faune est conservée à l'état d'empreintes de fossiles dissous (*Tropidoleptus*, *Tentaculites* et *Plantes*).

Examen microscopique

- Structure massive à peine orientée;
- Texture microgranulaire en mosaïque;
- Quartz nourri (les limites des anciens grains détritiques sont encore bien visibles; ils ont une granulométrie maxima de 200 μ , moyenne de 60 à 100 μ et minima de 20 μ ; leur indice d'arrondi est élevé: 0,4 à 0,8);
- Paillettes détritiques de *muscovite* assez abondante et de *biotite* plus rare;
- Minéraux lourds assez abondants, notamment la *tourmaline* et le *zircon*;
- Ciment réduit (en dehors du quartz de nourrissage) à des traces de calcite, d'argile, de chlorite et de goethite secondaire qui, surtout dans les zones plissées, peut devenir envahissante.

Les débris organiques sont entièrement dissous; aussi n'observe-t-on au microscope que quelques rares spicules siliceux. Il s'agit vraisemblablement de grès fins décalcifiés (grauwackes ardennaises).

Analyses chimiques

Les analyses 111 et 112 de deux grès-quartzites à *Tropidoleptus* de la région d'Aïdiate (tableau d'analyses chimiques 17) révèlent une teneur en silice de l'ordre de 90 % et une perte au feu très faible, inférieure à 2 %. Il est impossible, pour d'aussi faibles teneurs en CO₂, d'apprécier les proportions relatives en calcite et dolomite, une partie du MgO pouvant provenir d'argiles ou de chlorite. Calculée en calcite, la teneur en carbonate ne dépasse pas 1,2 %; calculée en dolomite, 2,2 %. La teneur en fer métal, 1,5 et 2,8 %, correspond à des échantillons normaux. Les échantillons ayant subi une ferruginisation secondaire présenteraient des teneurs beaucoup plus élevées.

b) Les grès-quartzites de Tighirt à *Mucrospirifer* et à *Plantes* (?) (niveaux 75, 76 et 78)

Ces grès constituent la corniche de la falaise de Tighirt. On les retrouve, légèrement différents, dans toute la zone plissée de Douik el Akhdhar, à l'Ouest de Tighirt. Il semble que ce faciès soit localisé dans cette région et disparaisse au Nord comme au Sud.

Examen macroscopique

Ce sont des grès-quartzites et des quartzites ayant un aspect massif. Certains échantillons de la région plissée montrent une stratification entrecroisée, fine, à l'échelle du lit. Mais le plus souvent il n'y a pas de stratification visible. Le grain est toujours fin. Ces grès sont presque toujours fortement consolidés, sauf à la base de la falaise de Tighirt où ils peuvent être friables. A Tighirt, ils se débitent en gros blocs; dans la zone plissée, en grandes dalles ou en petits parallélépipèdes.

La cassure, rarement semi-grenue, est presque toujours tranchante et écailleuse. Elle est blanche à Tighirt. Dans la région de Douik el Akhdhar, elle est blanche, ou de couleur foncée (violacée, rouille,

brun rouge, etc.) par ferruginisation. Dans certains échantillons, cette ferruginisation se fait le long des fissures tectoniques sur une épaisseur de plusieurs centimètres, le cœur de la roche restant clair. Sauf pour les échantillons ferruginisés, la patine est généralement gris clair. Ces roches sont presque toujours un peu poreuses. On n'y observe que rarement des paillettes de mica blanc. Les fossiles, Brachiopodes, Plantes (?), sont à l'état d'empreintes ou de moulages. ClH normal n'a aucune action ou donne tout au plus une très faible effervescence.

Examen microscopique

- Structure massive;
- Texture variable : parfois détritique à grains jointifs (base de la corniche de Tighirt), mais le plus souvent granulaire en mosaïque. On observe d'ailleurs tous les termes de passage entre les deux textures;
- Grains de *quartz*, bien calibrés autour de 90 à 130 μ , (les grains dépassant 250 μ étant exceptionnels); nourrissage généralement très poussé à Tighirt, masquant la forme originelle des grains qui, lorsqu'ils sont encore visibles, révèlent un indice d'arrondi élevé (0,4 à 0,9). Dans les échantillons ferrugineux ou ferruginisés, la forme usée des grains est bien visible (Pl. XVIII, fig. 5);
- Grains usés de *tourmaline* et de *zircon*;
- D'autres éléments détritiques, *plagioclase* et *muscovite*, n'ont été que rarement observés;
- Généralement aucun débris organique n'est visible au microscope, sauf parfois, dans la région de Douik, quelques débris de Trilobites, Ostracodes et Tentaculites ayant résisté à la dissolution;
- Ciment généralement réduit, en dehors du quartz de nourrissage, à des traces de *calcite*, de *chlorite* et d'*argile*. Il peut s'y ajouter de la *goethite*, disséminée en fines mouchetures, ou totalement envahissante, manifestement d'origine secondaire, surtout abondante dans les zones plissées (dans le premier anticlinal à l'Est de celui de Douik el Akhdhar, on observe, dans les fissures de ces grès, de beaux échantillons de *goethite* mamelonnée stalactiforme).

Aucune analyse n'a été effectuée sur ces grès qui, lorsqu'ils ne sont pas ferruginisés (Tighirt), doivent atteindre une très forte teneur en silice.

Dans les zones plissées, la distinction entre les grès de Tighirt et les grès à *Tropidoleptus* est souvent délicate, surtout lorsque les caractères originels de ces roches sont masqués par la ferruginisation. Les grès à *Tropidoleptus* ont une granulométrie un peu plus fine; ils sont plus riches en micas détritiques; ils sont enfin un peu moins massifs. Ils sont surtout développés dans la région d'Aidiat, alors que les grès de Tighirt affleurent dans la région de Tighirt et de Douik el Akhdhar.

3° Les grès calcaires et calcaires grésilo-silteux à *Paraspirifer cultrijugatus* (niveau 77)

C'est par cet ensemble que se termine la série à dominance détritique qui occupe la période allant du Siegenien supérieur au Couvinien inférieur. Bien que couvrant tout l'éventail des grès calcaires et des calcaires gréseux, ces roches forment une entité bien reconnaissable sur le terrain.

a) Examen macroscopique

Ce sont des roches calcaro-gréseuses, finement litées quand elles sont riches en clastiques, plus massives quand le carbonate domine. Le débit se fait en petites dalles ou le plus souvent en plaquettes. Certains niveaux sont lumachelliques (abondance de *Paraspirifer cultrijugatus*). La cassure est tranchante écailleuse dans les termes gréseux, et devient semi-cristalline dans les termes calcaires, riches en débris d'Echinodermes. La couleur de la roche, brun clair, gris jaunâtre ou chamois, est assez caractéristique. La patine est parfois plus foncée : brune ou noire. Des taches jaunes d'ankérite constellent quelquefois la cassure de la roche.

Le quartz, très fin, est difficile à discerner, surtout dans les termes calcaires. En revanche les paillettes de muscovite sont abondantes et visibles à l'œil nu, alors qu'elles sont rares dans les grès-quartzites de Tighirt. Les débris de fossiles sont souvent abondants : Brachiopodes (*Spirifer*, *Chonetes*), Crinoïdes, Tentaculites, Trilobites, Goniatites. Près de la surface, ils sont dissous et apparaissent en empreintes. ClH normal donne une effervescence toujours nette, assez forte pour les termes gréseux ou silteux, forte pour les termes les plus calcaires.

Lorsque ces roches ont subi une dolomitisation secondaire (éch. 21772), elles deviennent plus massives et un peu poreuses; elles prennent un couleur mauve en surface, grenat sur la cassure; l'effervescence à l'acide devient alors très faible.

b) *Examen microscopique* (Pl. XIX, fig. 1)

— Structure finement stratifiée ou parfois massive pour les termes grès-silteux, structure massive et lumachellique pour les termes les plus calcaires;

— Texture détritique fine à grains non jointifs (sauf dans les termes les plus détritiques) et finement poecilithique;

— Grains de *quartz* anguleux à subarrondis, assez mal classés, à moyenne étalée entre 35 et 100 μ , ne dépassant pas 200 μ ; grains de *plagioclases* toujours présents en faible quantité;

— Paillettes de *muscovite* et plus rares de *biotite*, surtout dans les termes les plus gréseux;

— Grains fréquents de *zircon* et de *tourmaline*, et rares de *phosphate*;

— Grands débris de fossiles mal classés, devenant abondants dans les termes lumachelliques calcaires, en *calcite lamellaire* dominante (Brachiopodes, Tentaculites), en *calcite monocristalline* encore abondante (Crinoïdes) et en *calcite fibreuse* plus rare (Ostracodes, Trilobites); ces débris sont souvent épigénisés en *goethite* ou partiellement dissous (tendance vers la grauwacke);

— Ciment de *calcite* finement poecilithique, bien cristallisée, avec un peu de *goethite* diffuse et plus rarement du *phosphate de chaux* (éch. 21676); en cas de dolomitisation, dans le ciment apparaissent d'abord quelques mouches d'*ankérite*, puis un fond constitué de rhomboèdres de dolomite.

Par leurs caractères microscopiques ces roches rappellent certains grès calcaires du Siegenien supérieur (comparer par exemple Pl. XV, fig. 4 et Pl. XIX, fig. 1), mais l'aspect macroscopique est différent.

c) *Analyses d'argiles aux rayons X*

Ces roches sont pauvres en argile. Un banc de siltstone plus riche en argile (éch. 21677) a fait l'objet d'une analyse qui a montré la prédominance de l'illite (90 %) sur la chlorite (10 %), ce qui semble indiquer pour cette phase argileuse une origine détritique analogue à celle des siltstones de Tighirt (p. 415).

d) *Analyses chimiques*

Les résultats de 11 analyses intéressant le niveau 77 à *Paraspirifer cultrijugatus* sont consignés dans le tableau d'analyses chimiques 18. Elles ont été classées suivant la teneur croissante en carbonates. Ceci montre que ce niveau contient une série continue de roches, depuis les siltstones argileux à 2 % de carbonates, jusqu'aux calcaires à peine silto-gréseux à 89 % de carbonates. En revanche la proportion relative de la calcite par rapport à la dolomite est assez constante et très élevée (94 à 99 %), sauf en cas de dolomitisation secondaire, où cette proportion peut tomber à 13 %. La teneur en fer métal varie de 1,1 % à 5,8 %, mais est généralement inférieure à 2 %. Le phosphate n'est qu'à l'état de traces. Ce sont donc, suivant les échantillons, des grès et des siltstones calcaires ou des calcaires gréseux et silteux.

4° *Les siltstones argileux micacés (« grès de Tighirt » sensu lato) du Couvinien inférieur*
(niveaux 67, 69, 72, 74, 76 et 77)

Les « grès de Tighirt » *sensu lato* comprennent un ensemble de roches détritiques dont la stratigraphie de détail nécessiterait une étude approfondie. En effet les différents faciès (argiles, siltstones, grès et grès-quartzites) varient rapidement du Nord au Sud et les coupes sont difficiles à relier entre elles. C'est pourquoi sur les cartes, le c_1 a été subdivisé en plusieurs faciès et non plusieurs niveaux.

Le faciès *siltstone argileux* est le plus courant dans cette formation, mais présente tous les intermédiaires depuis les argiles silteuses jusqu'aux grès fins argileux. Il affleure notamment bien dans les coupes de Tighirt (E_4) et de Bir Aïdiat (B_5). Ces roches, relativement tendres, constituent le talus des falaises dans les zones peu plissées, ou des combes entre les crêtes gréseuses, dans les zones plissées.

a) *Examen macroscopique*

Ces siltstones argileux ont un aspect schisteux mais mal stratifié, avec un débit en plaquettes irrégulières à surface ondulée et à traces de Vers. Ils sont souvent assez friables, pouvant même s'effriter sous les doigts. Ils grattent sous la dent par suite de l'abondance de quartz très fin. Les micas sont abondants. Ces roches ont une couleur grise ou gris verdâtre, mais à Aïdiat prennent une teinte mauve ou violacée, par oxydation à proximité de failles ou au voisinage de la surface antécédente. Les échan-

tillons les plus argileux troublent l'eau, d'autres au contraire sont poreux. CIH normal n'a qu'une action très légère ou nulle.

b) Examen microscopique

- Structure variable, parfois finement orientée avec des lits plus ou moins argileux, parfois grossièrement ou irrégulièrement stratifiée;
- Texture détritique fine à grains non jointifs ou à peine jointifs, plus ou moins abondants suivant les lits;
- Grains de *quartz* anguleux à subarrondis, mal classés, à dimension moyenne très étalée autour de 30 μ , les grains les plus gros ne dépassant que rarement 100 μ ; ces grains sont répartis différemment suivant les lits (graded bedding); ils présentent parfois un début de nourrissage;
- Paillettes de *muscovite* assez abondante, de *biotite* fréquente et de *chlorite* plus rare;
- Quelques grains de *phosphate*;
- Grains de *tourmaline*, de *zircon* et de minerais opaques;
- Généralement pas de débris organiques; l'échantillon 357 (Tighirt) est riche en Eoptéropodes;
- Ciment constitué en proportions variables de très fines phyllites et d'argile (*illite*), de *calcite* et de *goethite* secondaire. Il s'y ajoute de la *dolomite* dans certains siltstones d'Aidiata, au voisinage des failles et de la paléosurface d'érosion antécédente.

Le tableau stratigraphique X, colonne granulométrie, montre que le grain moyen de ces roches est pratiquement toujours compris entre 20 et 60 μ ; il s'agit donc bien de roches appartenant à la catégorie des siltstones.

c) Analyse des argiles aux rayons X

La phase argileuse a été étudiée sur 5 échantillons; dans certains, les proportions de minéraux argileux n'ont pu être appréciées, à cause de la présence de quartz très fin.

Ech.	Niv. c. s.	Déterminations	Illite	Chlorite	Kaolinite
21677	77	Siltstone très argileux	90 %	10	0
21768	76	Siltstone argileux micacé	?	?	?
21766	74	Siltstone micacé argileux dolomitique	dominante	?	?
21667	69	Siltstone argileux micacé	80	20	0
21664	67	Siltstone argileux micacé	90	10	0

Cette étude montre que dans la phase argileuse des siltstones de Tighirt, l'illite est dominante, accompagnée d'un peu de chlorite. La kaolinite au contraire est totalement absente. On peut considérer cette phase argileuse comme d'origine entièrement détritique.

d) Analyses chimiques

L'analyse de ces roches (tableau d'analyses chimiques 17) montre qu'elles contiennent de 4 à 20 % de carbonates, dans lesquels la dolomite entre pour une part importante (de 44 à 100 % du total dolomite + calcite). La teneur en fer métal est généralement voisine de 2 %, mais atteint 7 % dans un des échantillons d'Aidiata. Les autres éléments, quartz et argiles, représentent la majeure partie de la roche. La teneur en Al_2O_3 , qui reflète la teneur en argiles, varie de 2 à 8 %. La perte au feu comporte, en plus du CO_2 , de 0,5 à 2 % d'eau de constitution (argile, hydroxydes de fer). La teneur assez forte en potasse (1 à 2,5 %) s'explique par la présence d'argile du type illite. Etant donné le nombre des constituants alumineux (muscovite, biotite, chlorite, illite) observés au microscope, il n'est pas possible de calculer la teneur en illite d'après l'analyse. Toutefois ces analyses confirment la nature argileuse et légèrement calcaro-dolomitique de ces siltstones.

Ce type de roche, banal mais très fréquent dans la série paléozoïque, a souvent été négligé dans les études pétrographiques. Il n'existe pas de classification de ces roches intermédiaires entre les schistes (shales) et les grès. La teneur en silice est moins forte que pour les grès, plus forte

que pour les schistes; en revanche la teneur en alumine, en potasse et en eau est plus forte que dans les grès et moindre que dans les schistes (comparer les tableaux d'analyses chimiques 6 et 17).

5° *Les roches carbonatées associées aux siltstones de Tighirt* (niveau 74 bis)

Les siltstones de la falaise de Tighirt contiennent, vers leur partie moyenne, des intercalations de roches carbonatées plus ou moins gréseuses. C'est dans ces bancs, et à leur voisinage, que se trouve la faune principale des siltstones de Tighirt, et notamment les Trilobites.

a) *Examen macroscopique*

Suivant les lits, ce sont des roches grésocalcaires ou calcaires, d'aspect souvent un peu marneux, en bancs de 2 à 10 cm. La roche est massive, mal stratifiée, se débite parfois en miches. La cassure est grumeleuse et irrégulière, et de couleur jaunâtre ou jaune verdâtre. Les échantillons dolomitiques (21668) sont poreux. On y distingue de fins débris de Crinoïdes, des Eoptéropodes visibles à la loupe, et parfois des Trilobites (*Phacops*, *Scutellum*, *Asteropyge*). L'attaque à ClH normal donne une assez forte effervescence, faible toutefois dans les échantillons dolomitiques.

b) *Examen microscopique*

- Structure massive;
- Texture variable : détritique à grains non jointifs et poecilithique pour les bancs gréseux, détritico organique pour certains calcaires, finement microcristalline pour les échantillons dolomitiques;
- Très nombreux petits débris organiques, finement triturés, en calcite monocristalline, fibreuse et lamellaire, où abondent principalement les Crinoïdes, suivis par les Brachiopodes, les Trilobites, les Ostracodes, les Eoptéropodes et les Bryozoaires; dans les échantillons recrystallisés, ces débris s'estompent; ils finissent par être très défigurés dans les exemplaires dolomitiques;
- Grains de quartz, arrondis à subanguleux (max. 180 μ - moy. 100 μ - min. 25 μ), abondants dans les échantillons gréseux; dans les calcaires, ils sont très rares (12 à 35 μ), mais on rencontre aussi de gros grains épars de type éolien, à indice d'arrondi élevé. Ces gros grains de quartz peuvent être remplacés secondairement par de la calcite, qui s'insinue d'abord par les fissures du quartz (Pl. XVIII, fig. 4). Sur la microphotographie, on voit que la calcite secondaire a épousé la forme originelle du grain de quartz qu'elle remplace sélectivement sans modifier la calcite du ciment;
- Les micas, biotite et muscovite, sont très rares, de même que les minéraux lourds;
- Ciment de calcite finement microcristalline (5 à 10 μ), poecilithique dans les échantillons les plus gréseux, avec parfois un peu d'argile et de goethite. Dans les échantillons dolomitiques, ciment de dolomite microcristalline défigurant les débris organiques.

A part une timide manifestation à l'Emsien (niveau 62), c'est pratiquement la première fois qu'apparaît ce type de microfaciès, caractérisé par des débris organiques très finement moulus, et provenant d'une vase calcaire.

c) *Analyses chimiques*

Les quatre analyses concernant le faciès 74 bis (tableau d'analyses chimiques 19, analyses 125 à 128) montrent une grande variabilité de la composition chimique, comme le laissait prévoir l'étude au microscope. La teneur en silice varie de 13 à 55 %, la teneur en carbonates de 40 à 78 %. Les proportions relatives de calcite et dolomite sont également très variables : 95/5 à 17/83, ces roches comprenant par conséquent tout l'éventail des calcaires, des calcaires magnésiens, des calcaires dolomitiques et des dolomies calcaires. Les teneurs en fer et en phosphate sont généralement faibles. Ces analyses ne comportant pas de fusion alcaline, la teneur en Al_2O_3 , de 0 à 3,5 %, tout en étant sous-estimée, dénote la présence d'argile.

6° *Les siltstones calcaires et calcaires silteux de l'Amgala* (niveau 89)

L'étude séparée de ce faciès se justifie par le bon repère stratigraphique qu'il constitue dans toute la zone envisagée. On y rencontre tous les intermédiaires depuis les calcaires jusqu'aux siltstones calcaires. Mais si la teneur en carbonate est très variable, la granulométrie reste très constante autour de 30 ou 40 μ .

a) Examen macroscopique

Ces roches se présentent à l'affleurement sous forme de plaquettes ou de petites dalles ne dépassant que rarement 20 cm d'épaisseur. Elles peuvent être massives ou plus ou moins stratifiées, avec souvent de fines stratifications entrecroisées de l'ordre du centimètre, qui confèrent alors aux plaquettes une surface ondulée.

Elles sont à la fois calcaires et silteuses, d'où une cassure variable suivant la teneur en carbonates : cassure très finement grenue, semi-cristalline, et souvent même écailleuse. La couleur de la cassure pour des roches de surface est variable, sans doute suivant le degré de l'oxydation : brun orangé, rousse, rose ou grise. La patine, parfois noire, rousse ou chamois, apparaît souvent orangée à l'échelle du paysage (région de l'Amgala). La roche est très finement micacée; à la loupe, on distingue mica noir et mica blanc.

Ces roches sont généralement azoïques, mais des lits de débris de petites Encrines soulignent souvent la stratification. On y voit aussi quelquefois des empreintes de Tentaculites.

ClH normal donne une effervescence assez forte, qui peut devenir très faible dans des échantillons de la zone plissée, postérieurement dolomitisés (éch. 468).

Notons que ces petites dalles ou plaques, à surface très plane et à matière homogène, ont été utilisées dans toute la région, à la période néolithique, comme support de nombreuses gravures rupestres au trait.

b) Examen microscopique (Pl. XX, fig. 4)

- Structure finement litée, parfois massive;
- Texture détritique très fine, à grains non jointifs, souvent poecilithique;
- Grains de quartz en quantité variable, souvent abondants (50 %), très anguleux et bien classés entre 10 et 90 μ , surtout autour de 30 à 40 μ ; parfois accompagnés de *plagioclases*;
- Paillettes, orientées suivant la stratification, de *muscovite* assez abondantes et plus rares de *biotite* et de *chlorite*;
- Parmi les autres clastiques, toujours très disséminés, on note des grains de *tourmaline*, de *zircon*, de *pyrite*, de *phosphate de chaux* et de *glauconie*;
- Débris organiques, généralement peu abondants et réduits à de petits éclats, où dominent les Crinoïdes et les Ostracodes, par rapport aux Brachiopodes, aux Eoptéropodes, et aux spicules siliceux;
- Ciment de *calcite microcristalline* ou *poecilithique* (cristaux atteignant jusqu'à 2 mm), pure ou imprégnée de *goethite* diffuse, et rarement accompagnée d'un peu de *phosphate de chaux*; une décalcification et un enrichissement en fer superficiels, sur 1 ou 2 mm, expliquent la patine sombre de la roche. Dans la zone plissée, ce faciès peut être entièrement dolomitisé (Pl. XX, fig. 3).

Ce microfaciès présente une grande analogie avec celui des calcaires grésilo-silteux de la Kédia Leglaga (comparer Pl. XII, fig. 2 et Pl. XX, fig. 4 et les tableaux stratigraphiques V et XIV). Ici la granulométrie moyenne est toutefois un peu plus fine : 40 μ au lieu de 60 μ et le classement est encore meilleur. Il y a donc une nette convergence entre les conditions de sédimentation de la zone de passage et celles des calcaires silteux de l'Amgala.

c) Analyses chimiques

Pour les cinq roches analysées (tableau d'analyses chimiques 20, analyses 130 à 134), la teneur en carbonate varie de 20 à 68 %. La proportion de calcite par rapport à la dolomite, dans la roche normale, est généralement très forte, de l'ordre de 95 %. Mais dans la zone plissée (éch. 468, à 2,5 km à l'Ouest de Douik el Akhdhar), la proportion de dolomite atteint 87 % (Pl. XX, fig. 3). Le phosphate n'est qu'à l'état de traces. La teneur en fer métal, moyenne (1 à 4 %), est suffisante pour expliquer la couleur de la roche. Suivant le pourcentage d'« insolubles » (80 à 32 %), la roche est un siltstone calcaire, ou un calcaire silteux, tous les intermédiaires existant entre ces différents types.

7° Les lumachelles et encrinites de l'Amgala (Niveaux 88 bis et 89)

Ces faciès sont bien caractéristiques et, de ce fait, facilitent l'identification de la zone de l'Amgala dans les secteurs plissés. Ils se rencontrent principalement en petits lits intercalés dans la partie supérieure des marnes de l'Amgala (88); mais le faciès encrinite se retrouve également en fines intercalations dans les calcaires silteux de l'Amgala (89), précédemment étudiés.

a) *Examen macroscopique*

Ces roches se présentent en petites plaquettes de 1 à 2 cm d'épaisseur et sont constituées par l'accumulation, soit de très abondants petits articles de Crinoïdes cylindriques (encrinite), soit de toute la faune des marnes de l'Amgala : Brachiopodes (dont notamment les *Camarotoechia*), Gastéropodes, Trilobites, Crinoïdes et Tentaculites. Les fossiles sont entiers et non usés (Pl. XLVIII, fig. 14-15). L'état de conservation des Tentaculites est particulièrement remarquable (H. LARDEUX, 1961).

Ces débris sont pris dans un ciment calcaire ou marneux. Dans le type riche en débris d'Encrines, la cassure est semi-spathique. La couleur est grise ou orangée. L'attaque à CIH normal est toujours très forte.

b) *Examen microscopique* (Pl. XX, fig.1 et 2)

La texture est détritique organique. Les débris de fossiles, qui constituent la majeure partie de la roche, ne sont ni classés ni usés. Dans le type encrinite, les débris en *calcite monocristalline* dominent et prennent par suite de la taille constante des articles, un aspect mieux classé (Pl. XX, fig. 2); dans le type calcaire coquillier, les débris en *calcite lamellaire* (Brachiopodes, Tentaculites) dominent sur ceux de *calcite fibreuse* (Trilobites, Ostracodes) ou *monocristalline* (Crinoïdes). Le quartz détritique anguleux, bien classé autour de 20 μ , est en quantité variable, mais généralement peu abondant. Il est accompagné de quelques paillettes de *muscovite* et, dans les échantillons les plus silteux, d'un peu de *chlorite* et de *biotite*, auxquels s'ajoutent quelques grains de *tourmaline*. Le ciment est constitué de *calcite microcristalline* ou *hétérogranulaire*, accompagnée d'impuretés : *argile* et *goethite*.

Dans les zones plissées, la calcite est remplacée par des rhomboèdres de *dolomite*, qui estompent la forme et la structure des débris de Crinoïdes (Pl. XX, fig. 3).

c) *Analyses chimiques*

Ces roches n'ont pas fait l'objet d'analyses chimiques. Il ne fait cependant pas de doute qu'elles sont, notamment les encrinites, très riches en carbonate de chaux.

8° *Les calcaires oolithiques de l'Amgala* (Niveau 89)

Inconnues au Dévonien inférieur, les oolithes calcaires sont encore rares au Dévonien moyen. Elles n'ont été signalées pour l'instant que dans le niveau 89 des calcaires silteux et siltstones calcaires de l'Amgala, dans le premier synclinal à l'Ouest de Tighirt (éch. 21690). Il s'agit d'un faciès très courant au Frasnien et qui ne fait là qu'une timide apparition.

a) *Examen macroscopique*

C'est un calcaire massif, à cassure bleu noir, à patine bleue ou jaune, contenant des lits de débris de Crinoïdes; les oolithes se voient assez mal, même à la loupe; sous le choc, la roche dégage une odeur fétide; CIH normal donne une très forte effervescence.

b) *Examen microscopique* (Pl. XX, fig. 5)

- Structure massive, texture oolithique microcristalline et détritique;
- Oolithes presque contiguës, de 200 à 250 μ de diamètre, constituées de *calcite* en fibres radiales, enrobant un nucléus variable (grain de *quartz* détritique, petits débris de fossiles : Crinoïdes, Brachiopodes, Ostracodes, Bryozoaires);
- Quelques rares débris de Crinoïdes en *calcite* monocristalline;
- Quelques grains de *quartz* anguleux, identiques dans le ciment et dans les oolithes (max. 70 μ - moy. 35 μ - min. 20 μ);
- Rares paillettes de *muscovite*;
- Ciment de *calcite* pure microcristalline (cristaux de 25 μ) avec *phosphate* très rare et petites taches locales de *goethite*.

c) *Analyses chimiques*

L'analyse 135 du tableau d'analyses chimiques 20 montre qu'il s'agit d'un *calcaire vrai*, ne comportant que 6,6 % d'« insolubles » et dont la proportion calcite/dolomite est de 97/3.

9° Les marnes du Dévonien moyen : marnes à Calcéoles et marnes de l'Amgala (Niveaux 80 à 86 et 88)

C'est dans la partie supérieure du Dévonien moyen, au Couvinien supérieur et surtout au Givetien, que les faciès marneux prennent un grand développement. Les marnes à Calcéoles (82 à 86) ont une puissance de plus de 100 m; les marnes de l'Amgala peuvent atteindre 55 m; de plus, des bancs marneux sont interstratifiés entre les marno-calcaires à *Phacops* et entre les bancs de calcaires à *Polypiers*.

a) Examen macroscopique

Les marnes des niveaux à *Phacops fecundus* (80-81) et à *Calceola sandalina* (82-86) sont des roches d'aspect schisteux. Elles sont moins indurées que les argiles du Dévonien inférieur, peuvent se cliver à l'ongle et faire pâte avec l'eau; généralement les marnes à Calcéoles grattent sous la dent, car elles sont silteuses; elles contiennent aussi des paillettes de muscovite, surtout à la partie supérieure (niveau 86). La couleur varie du gris brun au vert clair ou au jaune, suivant le degré d'altération superficielle. L'action de ClH est légère ou moyenne. Dans les niveaux 85 et 86, s'intercalent de petits lits très caractéristiques, de quelques millimètres d'épaisseur, de calcaire rose, un peu silicifié. En surface, on trouve toujours du gypse en relation avec ces roches, gypse dont l'aspect scoriacé est sans doute dû à un foisonnement superficiel.

Les « marnes » de l'Amgala (88) diffèrent quelque peu des précédentes. Bien qu'elles soient parfois litées, elles tendent à perdre la structure schisteuse, et à devenir plus massives et plus compactes, à l'échelle de l'échantillon. Elles se débitent en petits morceaux anguleux qui se cassent facilement suivant des faces conchoïdales indépendantes de la stratification. Elles ne font généralement pas pâte avec l'eau. Leur nature argileuse se reconnaît au fait qu'elles se rayent à l'ongle et collent à la langue. La couleur varie du gris au gris verdâtre et au gris jaunâtre. Les talus de la falaise de l'Amgala apparaissent toujours verts, vus d'une certaine distance. Enfin les marnes de l'Amgala sont toujours caractérisées par une forte effervescence à ClH normal.

Ces caractères montrent que les marnes à Calcéoles sont plutôt des argiles calcaires et que les marnes de l'Amgala se rapprochent des calcaires argileux, ce terme étant pris ici dans le sens souple que lui confère G. MILLOT (1949, p. 49) : « on parlera de calcaire argileux quand une roche bien consolidée ayant l'aspect du calcaire contiendra une phase argileuse appréciable ».

b) Examen microscopique

Marnes à Calcéoles :

Je n'ai étudié qu'un nombre réduit d'échantillons de ces marnes. En général la structure est schisteuse et la texture floconneuse, ou détritique très fine. Les grains de quartz sont épars, anguleux et très fins ($< 10 \mu$), plus grossiers (25μ) dans les niveaux supérieurs. Les paillettes de muscovite sont assez rares. Les débris organiques, très fins, en calcite surtout lamellaire, et des Ostracodes, sont plus ou moins abondants suivant les échantillons. Le fond de la roche est constitué de petits granules de calcite isolés, et d'argile dominante, colorée par de la goethite.

Marnes de l'Amgala :

Ces roches ont une nature plus franchement détritique. Le type moyen peut être décrit de la façon suivante :

- Structure massive et homogène (beaucoup plus rarement schisteuse);
- Texture détritique fine à grains non jointifs, et, parfois, à abondants débris organiques;
- Grains de quartz anguleux, bien classés, toujours inférieurs à 70μ , de moyenne comprise entre 10 et 30μ , parfois disséminés, parfois en assez grande quantité (20 %);
- Abondantes paillettes de muscovite et, plus rares, de chlorite et biotite;
- Quelques grains rares de phosphate;
- Minéraux lourds en très faible quantité : tourmaline, zircon, minerais;
- Nombreux débris organiques de petite taille ($< 600 \mu$), surtout de Brachiopodes et de Crinoïdes, et Ostracodes (surtout visibles en lavages); beaucoup de ces débris ne sont pas identifiables;
- Calcite micro- ou cryptocristalline très abondante, accompagnée d'argile floconneuse ou diffuse en quantité difficilement appréciable, avec des traces d'oxydes de fer;
- Dans certains cas, noyaux de calcite secondaire plus largement cristallisée.

c) Etude des argiles aux rayons X

Quatre analyses ont été réalisées sur les marnes du Givetien; elles ont donné les résultats suivants :

Ech	Niv c. s.	Déterminations	Illite	Chlorite	Kaolinite
21688	88	Calcaire argileux un peu silteux et micacé	80 %	20	—
21598	86	Marne silteuse un peu micacée	70	20	10
21682	85	Marne à Calcéoles	60	40	—
21681	82	Marne un peu silteuse	60	40	—

Cette composition reste comparable à celles des roches argileuses des niveaux précédents. On notera toutefois la *diminution sensible de l'illite au profit de la chlorite*. Comme précédemment, on peut penser qu'une telle association correspond au tout-venant habituel des vases.

d) Analyses chimiques

Ces roches, difficiles à résoudre par l'observation au microscope, ne peuvent être déterminées avec certitude qu'à la suite d'une analyse chimique. C'est pourquoi huit roches appartenant aux niveaux 82, 85 et 88 ont été analysées. Les résultats sont donnés par le tableau d'analyses chimiques 21 (analyses 138 à 145) et sont regroupés sur le graphique de la figure 74.

Un caractère relativement constant dans ces analyses est la proportion de calcite par rapport à celle de dolomite, qui varie de 79/21 à 96/4. Remarquons qu'aucune analyse n'intéresse des échantillons provenant de la zone plissée de Douik el Akhdhar. Nous ne sommes donc pas en mesure de préciser si, dans les zones à tectonique violente, les marnes subissent une dolomitisation comparable à celle des calcaires. Dans la zone monoclinale de l'Est, *les marnes givetiennes possèdent donc une phase carbonatée de type calcaire, calcaire magnésien ou calcaire faiblement dolomitique*.

La proportion de carbonate est au contraire très variable, puisqu'elle va de 14 à 80 % pour les 8 cas envisagés. En règle générale, elle est voisine de 15 % pour les marnes à Calcéoles ainsi que pour la base des marnes de l'Amgala (analyses 140 et 141). La partie supérieure des marnes de l'Amgala, c'est-à-dire la partie la plus fossilifère, est beaucoup plus riche en carbonates : de 45 à 80 %.

La proportion d'« insolubles », qui est complémentaire, varie évidemment en sens opposé. Mais cette phase est composite et comporte, en dehors des argiles, une phase détritique. La proportion de quartz par rapport à l'argile est sans doute plus importante dans les analyses 140 et 141, où le rapport S_1O_2/Al_2O_3 est plus élevé. La teneur en eau de constitution, voisine de 5 % dans les niveaux à Calcéoles, confirme la plus forte teneur en argile de ce faciès.

En résumé, les « marnes » à Calcéoles (82-86) sont des argiles calcaires légèrement dolomitiques. Dans la classification de BARTH, CORRENS et ESKOLA (1939) (*in* F. J. PETTIJOHN, 1957, p. 410), elles entreraient dans la catégorie des « marly clays ». Pour éviter un pléonasme fâcheux (L. CAYEUX, 1935a, p. 41), nous préférons classer ces roches dans la catégorie des *argiles calcaires*, définies par G. MILLOT (1949, p. 49) comme des argiles à faible effervescence, ce qui est le cas ici.

Les « marnes » de l'Amgala (88) comportent également, vers la base, des argiles calcaires type, mais avec un pourcentage plus important en clastiques. La partie supérieure des marnes de l'Amgala est formée de roches différentes, beaucoup plus calcaires, qu'on peut classer dans les *vraies marnes* et les *calcaires argileux silteux* (parfois un peu dolomitiques : analyse 144) pour rendre compte à la fois de leur composition et de leur texture compacte et homogène.

Dans son ouvrage sur les roches carbonatées, L. CAYEUX (1935a, p. 52) donne deux exemples de compositions de calcaire argileux (voir tableau d'analyses chimiques 21). Le premier (pierre à chaux hydraulique du Charmouthien de Wassy, Yonne) est tout à fait comparable à notre

analyse 145 d'un calcaire argileux de l'Amgala. L'échantillon du Zemmour s'avère toutefois plus riche en silice, car il est silteux. Le deuxième (calcaire à ciment du Toarcien de la même localité) est assez comparable à notre analyse 143 d'une autre marne de l'Amgala, avec, ici encore, une teneur plus forte en silice, due à la présence de clastiques.

Dans l'exposé stratigraphique, nous utilisons le terme de marnes, en lui donnant un sens très large; mais insistons bien sur le fait que *les marnes à Calcéoles sont surtout des argiles un peu calcaires et que les marnes de l'Amgala se rapprochent beaucoup des calcaires argileux*. De plus, ces dernières sont nettement silteuses. En termes plus pratiques, les marnes à Calcéoles pourraient être utilisées pour faire des briques, les marnes de l'Amgala du ciment ou de la chaux hydraulique. Et les véritables marnes au sens strict, à structure schisteuse, faisant pâte avec l'eau, et à proportions équivalentes de carbonate et d'argile, sont rares dans le Givetien, étage où, dans le Zemmour, les « marnes » présentent pourtant leur maximum d'abondance. Signalons à titre de comparaison que la marne gedinnienne analysée (niveau 30, analyse chimique 58) est plus proche d'une vraie marne, et appartiendrait à la catégorie des marnes pour ciment Portland, avec 25,5 % de carbonate et environ 55 % d'argile, si elle ne comportait 10 % de Fe_2O_3 .

10° *Les marno-calcaires à Phacops fecundus* (Niveaux 80 et 81)

(Etude pétrographique des bancs calcaires)

Les marno-calcaires à *Phacops fecundus* ont été subdivisés en deux niveaux 80 et 81 pour des raisons purement paléontologiques. Du point de vue pétrographique, ces deux niveaux constituent un seul et même faciès, la seule différence résidant dans l'apparition de quelques fins clastiques (quartz et muscovite) dans le niveau supérieur 81 (à *Werneroceras crispiforme*). On comparera utilement à ce propos les tableaux stratigraphiques XI et XII.

a) *Examen macroscopique*

A l'affleurement, ce faciès se présente sous forme d'alternances rythmiques de calcaires et de marnes, comprises entre des couches marneuses dépourvues de calcaires. Les bancs calcaires ont de 5 à 20 cm de puissance; ils ont tendance à se débiter en miches plutôt qu'en dalles; ils sont séparés par des lits marneux d'une puissance du même ordre ou légèrement supérieure.

Les marnes sont identiques aux marnes à Calcéoles et ont été étudiées avec elles. Les bancs calcaires sont constitués par une roche massive, à grain assez homogène, où la stratification n'est pas bien visible. L'aspect extérieur est souvent grumeleux, les faisant confondre avec des roches gréseuses. La roche devient friable en affleurement. La cassure est terne et grumeleuse, mais parfois semi-spathique par suite de la présence de débris de Crinoïdes très fins; elle devient cristalline dans les roches dolomitisées de la zone plissée. Elle est jaune, jaune rosâtre, gris jaunâtre, rarement jaune verdâtre; elle devient mauve dans les échantillons dolomitisés (éch. 465). Mais la patine a presque toujours une couleur rose ou rosâtre; elle n'est jaune ou bleue que plus rarement. On n'observe aucun clastique, même à la loupe.

Certains bancs sont très fossilifères et contiennent une riche faune, enrobée dans le calcaire, mais facilement dégageable, de Brachiopodes, Goniates, Trilobites et Crinoïdes. En revanche dans les zones dolomitisées (Ouest de Douik el Akhdhar), les fossiles sont recristallisés et apparaissent en carbonate blanc diffus dans un fond de dolomie mauve. Ils ne sont plus dégageables.

L'effervescence à ClH normal est le plus souvent très forte ou forte. Mais dans les échantillons dolomitisés de la zone plissée, elle diminue et peut devenir presque nulle. Les échantillons calcaires, après attaque, laissent tous un résidu d'argile et d'oxydes de fer.

b) *Examen microscopique* (Pl. XIX, fig. 2 et 3)

- Structure massive plus ou moins lumachellique;
- Texture détritique uniquement organique et crypto- ou microcristalline;
- Le niveau 80 ne contient aucun clastique; dans le niveau 81, on note quelques quartz détritiques anguleux, de diamètre moyen variant de 10 à 25 μ , et quelques paillettes de muscovite, mais ces deux éléments restant généralement très rares;
- Grands débris de fossiles, en quantité très variable suivant les bancs, comportant Trilobites, Brachiopodes, Orthocères et Crinoïdes, en calcite fibreuse, lamellaire ou monocristalline. Les tests de Goniates sont toujours recristallisés;

— Très nombreux petits débris ($< 500 \mu$) des mêmes fossiles, très déchiquetés, et des débris de micro-faune : Ostracodes et Eoptéropodes; certains échantillons sont pétris de débris de *Styliolina* (Pl. XIX, fig. 3) et semblent provenir d'une boue calcaire à Styliolines. Ces débris se fondent parfois dans la masse par recristallisation et deviennent alors indéterminables;

— Ciment abondant de calcite finement microcristalline (10 à 15μ), impure, à mouchetures de *goethite* et d'*oxyde de manganèse*, et passant par place à de la *calcite* largement cristallisée; des vides, datant de la sédimentation, ont été remplis par une calcite limpide d'origine chimique (Pl. XIX, fig. 2); il s'y ajoute un peu d'*argile* et plus rarement du *phosphate* dans les tests d'Ostracodes. Dans les échantillons dolomités, le ciment est envahi par des rhomboèdres automorphes de *dolomite*, qui défigurent également les structures organiques;

— Des fissures peuvent être remplies de *gypse* secondaire.

Ce type de calcaire évoque une vase calcaire constituée par l'accumulation de très fins débris organiques, vase déposée dans un milieu très calme, et dans laquelle s'accumulaient des macrofossiles non usés.

c) Analyse des argiles aux rayons X

Les analyses de deux calcaires appartenant aux niveaux 80 et 81 ont révélé une composition de leur phase argileuse exactement identique :

Ech.	Niv. c. s.	Déterminations	Illite	Chlorite
21680	81	Calcaire argileux à Ostracodes	60 %	40
399	80	Calcaire microcristallin lumachellique	60	40

Comme dans toute la série paléozoïque, l'illite est dominante; on note toutefois ici une proportion relativement importante de chlorite, proportion qui n'avait encore jamais été égalée dans les étages précédents.

d) Analyses chimiques

Huit analyses intéressant les bancs calcaires des niveaux 80 et 81 montrent une assez grande variabilité des caractères chimiques de ces roches (voir tableau d'analyses chimiques 22 et fig. 74).

Celles-ci contiennent souvent un peu de gypse (1 %), comme d'ailleurs les marnes dans lesquelles elles se trouvent. Le phosphate n'est qu'à l'état de traces.

C'est surtout la proportion calcite/dolomite qui varie dans de larges limites : de 99/1 à 1/99. Les points figuratifs des huit analyses, sur le graphique de la fig. 74, sont très étalés. En revanche les « insolubles » ne varient que dans d'étroites proportions : de 9 à 25 %, et généralement de 18 à 20 % (voir le graphique, où les points, bien que très étalés, sont tous proches de la droite d'« insolubles » = 18 %).

Autre remarque intéressante, les analyses les plus riches en dolomite (analyses 148 et 149) concernent des échantillons provenant de la zone plissée (Est et Ouest de Douik el Akhdhar).

Il semble donc bien que ces roches ont à l'origine une composition relativement constante, de l'ordre de 80 % de carbonates, 18 % d'argiles et 2 % d'oxydes de fer. Mais les proportions de calcite, très fortes à l'origine, pourraient diminuer rapidement au profit de la dolomite, dans les zones fortement plissées, où la fissuration a facilité les circulations d'eau. Les bancs calcaires des marno-calcaires à Phacops fecundus seraient particulièrement « perméables » à ce phénomène de dolomitisation secondaire.

11° Les calcaires à Polypiers (Niveaux 79, 85 bis, 87 et 90)

Dans cette étude, l'expression calcaire à Polypiers est prise dans une acception très large : on comprendra sous ce terme des calcaires qui comportent, en dehors des débris de Polypiers, ceux de nombreux autres organismes tels que les Bryozoaires, les Crinoïdes et les Brachiopodes. Si les premiers Polypiers interviennent au Ludlow (niveaux 22 et 23), c'est au Couvinien supérieur qu'apparaissent les premiers calcaires à Polypiers (niveau 79), qui prennent localement, au récif d'Aïdiate, l'aspect de véritables calcaires construits. Mais c'est au Givetien que ces faciès, sous

forme de biostromes très étendus et très continus, acquièrent leur développement maximum (niveaux 85 bis, 87 et 90). On en retrouvera encore quelques manifestations au Frasnien.

a) Examen macroscopique

Ce sont souvent des roches calcaires d'aspect massif; la stratification ne se discerne que fort rarement à l'échelle de l'échantillon. Mais tous les intermédiaires existent entre la roche compacte recristallisée et l'accumulation de Polypiers liés par un simple ciment marneux et friable. La roche se présente en bancs épais de 0,20 à 1 m (Pl. V, fig. 2). Le grain est fin, sauf pour certaines parties recristallisées ou riches en Entroques. La cassure est grumeleuse, écailleuse ou semi-cristalline, et de couleur variable mais plutôt claire : grise, gris bleuâtre ou brun jaunâtre. En surface la couleur est plus vive : orangée, jaune ou gris bleu. La surface n'est pas lisse, mais rugueuse et guilochée par le vent. La roche est constituée par l'accumulation de gros débris et de fossiles entiers, où dominent les Polypiers, les Bryozoaires, les Crinoïdes et, parmi les Brachiopodes, surtout les *Atrypa*. Les proportions relatives de ces différents débris sont éminemment variables d'un banc à l'autre. On distingue également quelques micas. Enfin l'attaque à ClH normal donne toujours une forte effervescence.

b) Examen microscopique (Pl. XIX, fig. 4-5)

Parmi de nombreux types surtout fonction de la variété des débris organiques, on peut considérer que le type moyen offre les caractères suivants :

- Structure massive, les débris de fossiles indiquant à peine le sens de la stratification;
- Texture détritique fine, à grains de quartz non jointifs ou même épars et à débris organiques, et passant par places à une texture microgranulaire, par recristallisation de certaines zones (noyaux de cristaux plus largement développés);
- Petits grains de quartz détritiques anguleux plus ou moins abondants (absents dans le niveau 79), ne dépassant pas 60 μ , de moyenne comprise entre 20 et 35 μ ;
- Petits grains de *plagioclases* très rares;
- Petites paillettes de *muscovite* assez fréquentes et plus rares de *biotite*;
- Quelques grains de *tourmaline* et de *zircon*;
- Abondants débris organiques, généralement non classés, en *calcite* lamellaire, fibreuse, monocristalline ou recristallisée, où dominent les Polypiers, les Bryozoaires, les Crinoïdes, les Brachiopodes et les Ostracodes. La recristallisation rend difficile la détermination de certains débris (Polypiers, Gastéropodes). Les débris de Trilobites et de Tentaculites existent toujours, mais en moins grande abondance. Lorsque les débris de Crinoïdes sont particulièrement abondants, la roche peut passer localement à une encrinite à Polypiers (niveau 79), dont les entroques en calcite monocristalline sont nourries secondairement de calcite de même orientation cristallographique;
- Ciment de *calcite microcristalline*, coloré par un peu de *goethite* et qui se complique, dans certains échantillons, de noyaux plus largement cristallisés de *calcite*, ou d'*ankérite* en rhomboèdres automorphes; dans les échantillons plus marneux, on observe aussi de l'*argile*; lorsque la recristallisation est plus marquée, certains débris organiques se fondent dans le ciment et leur structure devient indéterminable.

c) Analyse des argiles aux rayons X

Aucune analyse n'a été réalisée sur les calcaires à Polypiers proprement dits, très pauvres en argiles. Toutefois on a étudié une marne silteuse micacée à Crinoïdes, du niveau des « Polypiers inférieurs » (87) et un siltstone calcaire un peu argileux et micacé, compris entre les deux biostromes du niveau des Polypiers supérieurs (90).

Ech.	Niv. c. s.	Déterminations	Illite	Chlorite	Kaolinite
21615	90	Siltstone calcaire un peu argileux et micacé.	80 %	20	—
21600	87	Marne silteuse micacée à Crinoïdes	80	tr.	20

Malgré le caractère banal de ces compositions en argiles, on remarquera que la kaolinite, totalement disparue de la phase argileuse depuis la dalle de Bir Aidiata (44), au Siegenien, fait ici une réapparition au niveau 87 (« Polypiers inférieurs ») tout comme dans les marnes à *Glossostrophia caudata* sous-jacentes (86) (p. 420). Une étude sur un plus grand nombre d'échantillons serait nécessaire pour voir si ce caractère est général pour les deux niveaux 86 et 87.

d) Analyses chimiques

Douze analyses chimiques ont été effectuées sur des roches appartenant aux trois principaux niveaux de calcaires à Polypiers (**79**, **87** et **90**), afin de préciser la nature exacte de ces calcaires (tableau d'analyses chimiques 23). Les résultats sont portés sur le graphique de la fig. 74.

Sur ce graphique, tous les points représentatifs de ces roches sont groupés dans le sifflet des calcaires et des calcaires gréseux, sauf un échantillon (analyse 158) situé dans les calcaires gréseux magnésiens. Donc d'une manière très générale, les calcaires à Polypiers sont des calcaires vrais ou des calcaires silteux vrais, dans lesquels la teneur en MgO est de l'ordre de 0,4 à 0,6 %. Il est à remarquer que le seul échantillon qui soit un peu magnésien (analyse 158), avec un rapport calcite/dolomite de 90/10, est le seul de tout le tableau qui provienne d'une zone plissée, en l'occurrence de la région de Douik el Akhdhar. Comme nous l'avons montré pour les calcaires du Dévonien inférieur (p. 333), il peut donc s'agir, ici encore, d'une dolomitisation en relation avec la tectonique.

Le calcaire du niveau **79** (échantillon 21773, analyse 154) est particulièrement pur : plus de 97 % de carbonates et plus de 97 % de calcite dans le total des carbonates. C'est donc un calcaire presque aussi pur que celui de la dalle à Orthocères du Siegenien (niveau **44**). Les « Polypiers inférieurs » (**87**) présentent une phase carbonatée de même nature (97 % de calcite pour 3 % de dolomite), mais la part des « insolubles » dans la roche est beaucoup plus importante : 7 à 38 %, correspondant à un résidu de silice et silicates (quartz, micas, argiles). Les teneurs en fer sont faibles : 1 à 3 % de Fe_2O_3 , sauf pour un échantillon plutôt exceptionnel, du niveau des « Polypiers supérieurs », qui atteint 7 %. De même le phosphate n'est qu'à l'état de traces (0 à 0,6 %).

C. — CARACTÈRES PÉTROGRAPHIQUES GÉNÉRAUX DU DÉVONIEN MOYEN

Les observations pétrographiques effectuées sur les roches du Dévonien moyen sont toutes rassemblées dans les tableaux stratigraphiques X à XIV. De la comparaison de ces différents tableaux, on peut déduire les caractères pétrographiques d'ensemble des roches du Dévonien moyen, et par suite les conditions de la sédimentation pendant cette période.

1° Caractères des clastiques minéraux

La phase des clastiques minéraux tient une place prépondérante dans les roches du Couvinien inférieur. Elle est beaucoup plus accessoire dans les roches du Couvinien supérieur et du Givetien, où elle ne reprend quelque importance que dans les siltstones calcaires de l'Amgala.

a) Nature des clastiques

Les *microdébris de roches* ne sont signalés que dans le Couvinien inférieur. Ils y sont d'ailleurs assez rares et ne comportent que du chert (niveaux **68** et **69**), du quartzite (**71**, **73** et **76**) et surtout des débris de roches phosphatées silto-gréseuses (**69**, **70**, **71** et **73**). Ces différents débris sont donc surtout limités à la partie inférieure du Couvinien inférieur, dans les grès à *Tropidoleptus* et dans les niveaux à nodules phosphatés. En dehors de ces nodules, les débris sont toujours très fins et il ne faut pas y voir une tendance au conglomérat de base.

Le quartz, comme le montre le graphique de la figure 73, est très abondant dans les niveaux **67** à **78**, c'est-à-dire pendant tout le Couvinien inférieur; pratiquement absent au Couvinien supérieur (**80**), il réapparaît timidement dans les marnes à Calcéoles, est plus fréquent au-dessus à partir du niveau **87** (Polypiers inférieurs) et redevient abondant pour la première fois au Givetien, dans les siltstones calcaires et calcaires silteux de l'Amgala. Le *microcline* n'a pas été observé une seule fois dans les roches du Dévonien moyen. Les *plagioclases* sont rares et n'existent que dans les niveaux les plus franchement détritiques (**69**, **76**, **77**, **78** et **89**) et dans les biostromes à Polypiers (**87** et **90**). Mais ils restent très subordonnés, sauf dans les siltstones calcaires de l'Amgala (**89**), où ils sont plus fréquents.

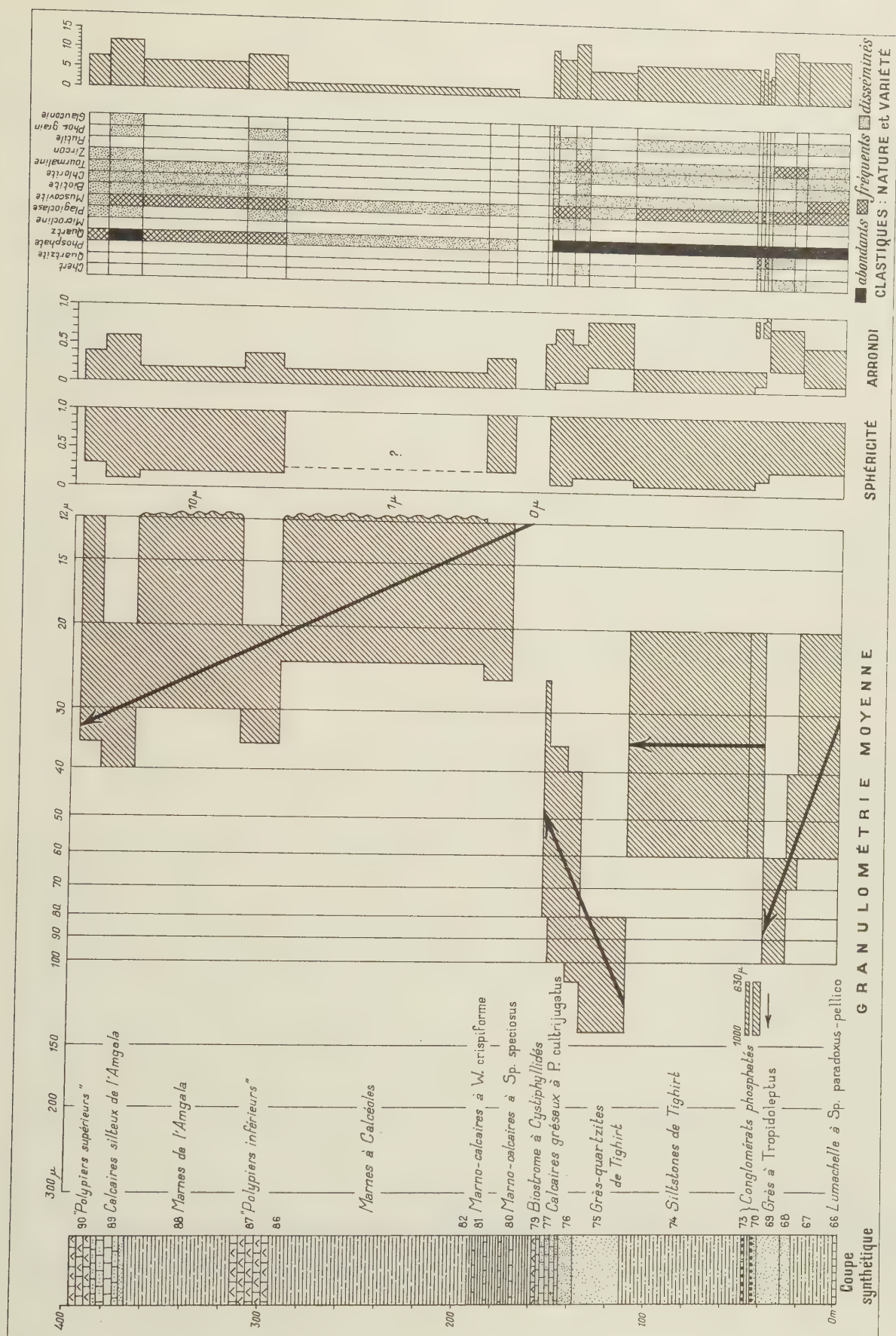


FIG. 73. — Variations des caractères de la phase clastique au cours du Dévonien moyen

Les *micas* sont presque toujours présents, sauf au Couvinien supérieur (80); ils sont assez abondants au Couvinien inférieur, dans les siltstones et les grès; plus rares dans les marnes à Calcéoles, ils redeviennent fréquents au Givetien supérieur (87, 88 et 89). La muscovite est toujours plus abondante que la biotite. Quant à la *chlorite* en lamelles détritiques, elle est assez rare.

Les *minéraux lourds* comportent surtout de la tourmaline et du zircon; relativement fréquents au Couvinien inférieur (68, 69 et 76 notamment), on les retrouve au Givetien supérieur. Quelques grains de *phosphate de chaux* disséminés sont présents dans le Couvinien inférieur grés-silteux, dans les calcaires à Polypiers inférieurs (87) et dans les calcaires silteux de l'Amgala (89).

Comme pour le Dévonien inférieur, la variété des clastiques a été exprimée graphiquement, suivant les modalités exposées p. 345. Les zones où les clastiques sont variés comprennent tout le Couvinien inférieur (67 à 78), et la partie supérieure du Givetien, du niveau 87 au niveau 90. Les niveaux où la nature des clastiques est particulièrement variée sont les suivants, de bas en haut :

67-68 — Siltstones et grès de Tighirt inférieurs.

69 — Grès-quartzites à *Tropidoleptus*.

76 — Grès et siltstones friables supérieurs de Tighirt.

78 — Grès fins et siltstones à patine noire à *Muscrospirifer* sp.

89 — Calcaires silteux de l'Amgala.

Ce sont évidemment les niveaux gréseux ou silteux qui présentent la plus grande variété en clastiques, mais on notera que le biostrome des « Polypiers inférieurs », de nature subrécifale, montre une variété presque aussi grande, chose assez inattendue. Les niveaux 79 et 80, où se trouve concentrée la faune du Couvinien supérieur, sont au contraire pratiquement dénués de clastiques.

L'étude de la variété des clastiques laisse donc entrevoir une grande discontinuité dans la sédimentation entre les niveaux 78 et 79. Au-dessus de cette discontinuité, au Givetien, la variété des clastiques revient très progressivement pour atteindre un maximum dans les calcaires silteux de l'Amgala (89) (dernière colonne de la fig. 73).

b) Granulométrie

Dans les niveaux conglomératiques 71 et 73 d'Aidiata, les plus gros grains atteignent 4 000 μ ; dans les petits bancs calcaires des siltstones de Tighirt (74 bis), on rencontre aussi quelques grains éoliens atteignant 1 000 μ (Pl. XVIII, fig. 4). Hormis ces cas isolés, les plus gros grains observés dans le Couvinien supérieur dépassent à peine 300 μ .

Après un Couvinien supérieur sans clastiques, le Givetien ne comporte que des clastiques très fins, moins de 50 μ du niveau 81 au niveau 86, moins de 75 μ dans les « Polypiers inférieurs » (87), avec un maximum de 90 μ seulement, au Givetien supérieur, dans les calcaires silteux de l'Amgala (89).

Les grains moyens dans chaque échantillon sont généralement très concentrés autour d'une dimension donnée (bon classement). Les niveaux où la granulométrie moyenne des grains est étalée apparaissent dans la colonne « Granulométrie » des tableaux stratigraphiques X à XIV; ce sont certains niveaux du Couvinien inférieur, notamment les calcaires grés-silteux à *P. cultrijugatus* (77). Les variations granulométriques des grains moyens suivent la même allure que celles des gros grains. Au Couvinien inférieur, les grains moyens ne dépassent pas 140 μ , ce maximum étant atteint dans les grès de Tighirt (75). Au Givetien, la granulométrie moyenne croît assez régulièrement du bas vers le haut, avec un maximum ne dépassant pas 40 μ dans les calcaires silteux de l'Amgala.

Le report de ces données granulométriques moyennes sur la fig. 73 révèle trois coupures principales dans la sédimentation :

α) Niveaux conglomératiques 70 à 73 : la granulométrie comporte une phase grossière qu'on pourrait considérer comme la fin d'une première séquence négative 66 à 69 (Emsien), et une phase fine analogue à la phase clastique des siltstones de Tighirt;

β) Limite 74-75 : cette limite est moins nette, car entre les siltstones (74) et les grès de Tighirt (75), il y a peut-être des roches intermédiaires qui n'ont pas été prélevées.

Toutefois, dans les siltstones, la granulométrie moyenne oscille de façon assez constante autour

de 35 μ , tandis qu'au-dessus, du niveau 75 (grès de Tighirt) au niveau 78 (siltstones quartzitiques à patine noire), la granulométrie diminue régulièrement (séquence positive) et les clastiques disparaissent totalement au Couvinien supérieur.

γ) *Biostrome à Cystiphyllidés (79)* : ce niveau représente une coupure importante entre une séquence inférieure positive, et une séquence supérieure négative comprenant tout l'ensemble couvinien supérieur et givetien (79 à 90).

Du point de vue granulométrique, ces coupures délimitent quatre séquences principales, pour tout l'ensemble dévonien moyen :

Séquence négative I	67 à 69	Grès à <i>Tropidoleptus</i> et grès de Tighirt inférieurs.
Séquence nulle II	74	Siltstones de Tighirt.
Séquence positive III	75 à 78	Grès de Tighirt supérieurs et grès calcaires à <i>P. cultrijugatus</i> .
Séquence négative IV	80 à 90	Couvinien supérieur et Givetien.

De tout l'ensemble dévonien moyen, la coupure entre les séquences III et IV apparaît comme la plus fondamentale. Elle correspond à un brusque changement du régime de sédimentation : passage brutal de grès fins à des marnes sans clastiques, ce changement étant souligné par la première manifestation subrécifale.

Il faut noter aussi la concomitance de deux phénomènes : l'absence de clastiques dans les marno-calcaires 80 et la concentration de la faune du Couvinien supérieur dans cet unique niveau, d'une puissance d'une quinzaine de mètres seulement (voir fig. 72). Cette concentration sur quelques mètres de la faune du Couvinien supérieur, alors que les faunes du Couvinien inférieur et du Givetien sont très étalées, pourrait être en relation, sinon avec une lacune de sédimentation, tout au moins avec une sédimentation très réduite, sans apport de clastiques. On retiendra pour le moins la convergence des deux observations.

Enfin on notera que les deux biostromes à Polypiers 87 et 90 sont caractérisés par une granulométrie moyenne du quartz *relativement grossière* (20 à 40 μ) par rapport aux sédiments entre lesquels ils sont compris.

c) *Morphoscopie*

Sur le même schéma (fig. 73), j'ai également reporté, en regard de la granulométrie et de la coupe synthétique, les données morphoscopiques des tableaux stratigraphiques X à XIV.

Les indices d'arrondis atteignent surtout des valeurs importantes au Couvinien inférieur. Les coupures définies dans l'étude granulométrique se retrouvent. L'usure est particulièrement forte pour les grains des niveaux 68, 69, 70, 71, 73 et 75. Les conglomérats phosphatés 71 et 73, le grès associé 70, et les grès-quartzites de Tighirt 75, bien que tous de nature nettement marine, contiennent un matériel d'origine éolienne. Ces niveaux sont l'indice de la proximité des côtes. Ceci est d'ailleurs corroboré par la présence de débris de végétaux dans les niveaux 69 et 75 (grès de Tighirt *sensu lato*), et dans les siltstones à patine noire (78).

Les indices d'arrondis du Givetien, plus faibles, correspondent à des sédiments plus franchement marins. Mais ceci est également lié au fait que la granulométrie est plus fine. Quant aux mesures de sphéricité minima, elles n'apportent pas de renseignements bien significatifs.

2° *Caractères de la phase argileuse*

Au Dévonien moyen, la phase argileuse, d'abord accessoire au Couvinien inférieur, devient prépondérante au Couvinien supérieur et au Givetien, notamment dans les niveaux 80 à 86. Les résultats des analyses aux rayons X sont regroupés dans le tableau n° 30.

Comme au Siegenien supérieur et à l'Emsien, les constituants argileux sont presque uniquement l'*illite* et la *chlorite*. L'*illite* domine toujours, mais on notera que dans la partie franchement marneuse du Dévonien moyen, c'est-à-dire dans les marno-calcaires à *Phacops fecundus* 80-81 et les marnes à Calcéoles 82-85, la *chlorite* atteint un pourcentage de 40 %, encore jamais égalé dans les étages sous-jacents. La kaolinite, généralement absente, n'a été observée que dans les marnes à *Glossostrophia caudata* (86) et dans le biostrome des Polypiers inférieurs (87).

			Illite	Chlorite	Kaolinite
GIVETIEN	90	Calcaires à Polypiers supérieurs	80	20	—
	88	Marnes et calcaires argileux de l'Amgala	80	20	—
	87	Calcaires à Polypiers inférieurs	80	tr.	20
	86	Marnes à <i>Glossostrophia caudata</i>	70	20	10
	85	Marnes à <i>Calceola sandalina</i> sensu stricto	60	40	—
	82	Marnes à faune naine à <i>Productella navicella</i> ..	60	40	—
	81	Marno-calcaires à <i>Werneroceras crispiforme</i> ..	60	40	—
COUV. SUP.	80	Marno-calcaires à <i>Acrospirifer speciosus</i>	60	40	—
COUVINIEN INFÉRIEUR	77	Calcaires gréso-silteux à <i>P. cultrijugatus</i>	90	10	—
	76	Grès et siltstones friables supérieurs de Tighirt	?	?	?
	74	Siltstones argileux de Tighirt à <i>P. cultrijugatus</i>	dominante	?	?
	69	Grès-quartzites et siltstones à <i>Tropidoleptus</i> ..	80	20	—

TABLEAU n° 30
Teneurs en minéraux argileux des niveaux du Dévonien moyen.

La montmorillonite, connue au Gedinnien, n'a jamais été observée au Dévonien moyen. On aurait pu s'attendre à rencontrer, dans les marno-calcaires à *Phacops fecundus*, une sédimentation à montmorillonite, comme dans les marno-calcaires du Gedinnien (voir p. 281). Il n'en est rien. On peut donc considérer ces argiles comme des argiles d'origine détritique, provenant de l'usure du continent. Dans les niveaux riches en clastiques, l'illite est largement dominante; lorsque ceux-ci s'amenuisent ou disparaissent, la chlorite prend une part plus importante dans la constitution de la phase argileuse.

3° Caractères de la phase chimique et chimico-organique

Comme au Dévonien inférieur, il semble que les carbonates soient pour la majeure partie d'origine organique. Tous les sédiments carbonatés sans exception contiennent de nombreux débris de tests. Comme le montre le graphique de la figure 74, dans la majorité des cas la calcite domine très largement par rapport à la dolomite. Les échantillons dolomitiques (analyse 134 148 et 149) proviennent d'ailleurs pour une grande part de la zone plissée.

Les calcaires vrais (moins de 10 % d'« insolubles » et moins de 5 % de dolomite) sont rares. Ils appartiennent aux niveaux à Polypiers. Les plus riches en calcite proviennent du récif d'Aïdiat (94 %) et du biostrome des Polypiers supérieurs (93 %). Ces calcaires ont des compositions analogues à celles des dalles calcaires du Siegenien (comparer les analyses 154 et 163 avec les analyses 69, et 73 à 75).

Pour les autres niveaux, la teneur en carbonates est toujours plus faible, mais la proportion de calcite dans les carbonates représente presque toujours plus de 90 %. Dans les calcaires des différents biostromes (79, 87 et 89), la phase carbonatée n'est jamais inférieure à 60 %.

Dans les bancs calcaires des marno-calcaires à *Phacops fecundus* (80-81), la teneur en carbonate varie dans des limites assez étroites, de 75 à 91 %, mais en revanche les proportions calcite/dolomite varient énormément, certains échantillons de la zone plissée étant très dolomités. Sur le graphique, les points figuratifs sont dans une bande étroite répartie autour de la droite « insolubles » = 20 %.

Les véritables marnes (35 à 65 % de carbonates et le complément en argiles) sont rares. Les « marnes » à Calcéoles et la base des marnes de l'Amgala sont des argiles calcaires (15 % de

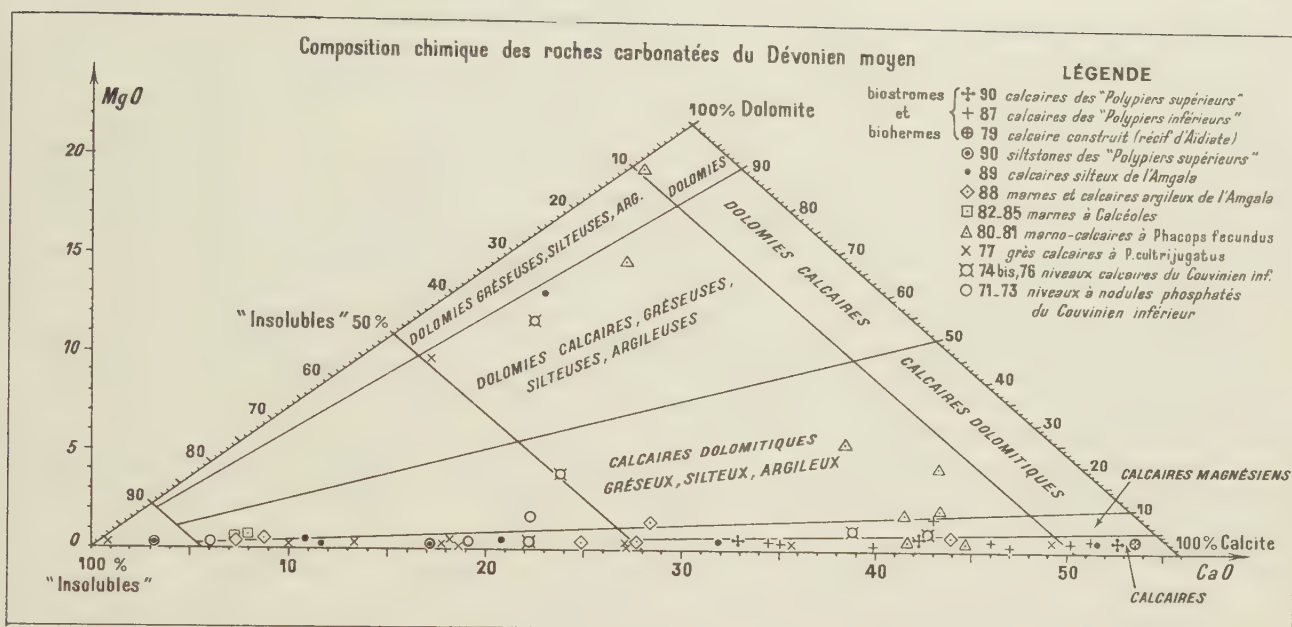


FIGURE 74

carbonates). Leurs points figuratifs sont très groupés sur le graphique. Dans la partie supérieure des marnes de l'Amgala, au contraire, il s'agit de calcaires argileux ou argilo-silteux (50 à 80 % de carbonates, complément d'argiles et de clastiques).

Enfin les grès et siltstones calcaires, les calcaires gréseux ou silteux (77, 89, 90) ont une phase carbonatée très variable en quantité, mais où la calcite représente presque toujours plus de 90 % des carbonates (points figuratifs disséminés dans le sifflet inférieur du graphique).

En résumé les roches carbonatées du Dévonien moyen comportent peu de vrais calcaires et de vraies marnes, pas de calcaires dolomitiques ni de dolomies calcaires, et seulement quelques dolomies (calcaires, gréseuses) provenant pour la plupart de la dolomitisation secondaire de roches calcaires; elles offrent en revanche une très grande abondance de calcaires silteux, de siltstones calcaires, d'argiles calcaires et de calcaires argileux.

Alors qu'au Dévonien inférieur, la phase calcaire ne prenait d'ampleur que dans des bancs d'épaisseur réduite, au Dévonien moyen, surtout à partir du Couvinien supérieur, la phase carbonatée offre toujours une certaine importance.

Au Dévonien moyen, il n'existe pas de minerais de fer primaires. Les oolites de chlorite disparaissent pratiquement avec l'Emsien. Le seul point où elles s'observent encore est la base du biostrome à Cystiphyllidés (79) qui correspond, comme nous l'avons vu, à un changement brutal dans la sédimentation. Les teneurs en fer métal varient généralement de 1 à 3%. Ce fer est à l'état de goethite, diffuse ou en petits granules, colorant la roche. Les seuls niveaux quelque peu ferrugineux sont :

a) le siltstone quartzitique ferrugineux à aspect de brique (niveau 68), sous les grès à *Tropidoleptus*, qui atteint une teneur de 7,3 % de fer métal;

b) les niveaux phosphatés 71-73, où le fer (11 et 16 %) est sous la forme de goethite et d'ankérite.

c) un petit banc de dolomie calcaire ferrugineuse (74 bis), dans le talus de Tighirt (8,9 %).

Mais dans la zone plissée (région de Douik el Akhdhar), on observe des concentrations locales d'oxydes de fer dans les grès du Couvinien inférieur. Enfin les niveaux calcaires à Polypiers (79, 87 et 90) sont au contraire particulièrement pauvres en fer (environ 1 %).

Le phosphate de chaux est à l'état de traces dans presque tous les niveaux. Il peut atteindre des valeurs de 0,5 à 1,6 % dans les marno-calcaires à *Phacops fecundus* (80-81), et de 2 à 2,7 % dans

les petits bancs calcaires de siltstones de Tighirt (**74 bis**). Les seuls sédiments où le phosphate atteint des teneurs appréciables sont les conglomérats à nodules phosphatés (**71-73**). La roche brute a donné des teneurs de 3,3 à 4,4 %. L'analyse de nodules noirs, isolés de leur gangue, a révélé une teneur de 49,8 % de phosphate ($P_2O_5 = 22,8 \%$).

Les sulfates sont présents dans les marno-calcaires à *Phacops fecundus* (0 à 1,4 %) et dans les marnes à Calcéoles. Dans les affleurements de ces marnes, le gypse est assez abondant, mais il n'est pas possible de dire sous quelle forme il se trouve dans la roche en place. Il est possible que le soufre, dans ces marnes, soit sous forme de sulfure, comme tend à le suggérer la présence de fossiles ferruginisés (Brachiopodes, Orthocères et Goniates) qui pourraient être pyriteux dans la roche non altérée, en profondeur (voir discussion de ce problème, p. 234 à 240).

On peut donc dire que le Couvinien inférieur présente les mêmes caractères chimiques que le Dévonien inférieur : présence du phosphate et du fer, importance relativement réduite de la phase calcaire. Le Couvinien supérieur et le Givetien voient par contre le phosphate et le fer primaire se réduire à l'état de traces, et au contraire les sulfates, disparus depuis le Siegenien, réapparaître, et la phase des carbonates prendre une grande ampleur.

Le Dévonien moyen a donc un cachet plus « chimique » que le Dévonien inférieur. Mais il s'agit en réalité de sédiments biochimiques, la presque totalité des carbonates provenant de tests organiques.

4° Caractères des clastiques organiques

Le Dévonien moyen, en dehors de la base du Couvinien (**67 à 76**, sauf **74 bis**), est très riche en débris organiques. On se rendra compte de cette abondance en feuilletant les planches de microphotographies XX et XXI et en jetant un coup d'œil à la colonne « clastiques organiques » des tableaux stratigraphiques X à XIV; on trouvera d'ailleurs dans cette colonne la répartition de détail des différents débris.

Les niveaux les plus riches en débris de nature variée sont les niveaux **80**, **81**, **87**, **88** et **88 bis**, qui sont pratiquement constitués par l'accumulation de tests.

Les Crinoïdes, très fréquents dans tout le Dévonien moyen, sont particulièrement abondants dans le niveau **88 bis**, où ils constituent de très belles encrinites (Pl. XX, fig. 2). Les Brachiopodes en débris sont surtout abondants dans certains bancs calcaires des marno-calcaires à *Phacops fecundus* (**80**, **81**), dans les lumachelles silteuses à *P. cultrijugatus* (**77**) et dans les bancs coquilliers de l'Amgala (**88 bis**). Les Lingulidés sont toujours très rares.

Les Orthocères sont assez rares. On ne les rencontre guère que dans les niveaux **80** et **81**. Dans ce dernier niveau, on observe aussi des sections recristallisées de Goniates.

Les débris de Trilobites, presque toujours présents, ne sont jamais en grande quantité, sauf parfois dans les niveaux **74 bis** et **80**. Ceux de Lamellibranches et de Gastéropodes sont pratiquement absents de toutes les lames minces.

Les Polypiers sont très fréquents dans les niveaux **79** (où ils apparaissent pour la première fois en quantité), **80**, **85 bis**, **87** et **90**; ils y sont accompagnés par des Bryozoaires (Pl. XIX, fig. 4-5). Les Eoptéropodes sont parfois très abondants, notamment les Styliolines, dans les marno-calcaires **81** (Pl. XIX, fig. 3) et les Tentaculites dans les calcaires de l'Amgala (**88 bis** et **89**) (Pl. XX, fig. 1).

Les Ostracodes existent dans tout le Dévonien moyen, mais ils sont particulièrement abondants dans les niveaux **74 bis**, **80**, **81**, **87** et surtout dans les marnes de l'Amgala **88**, où plusieurs espèces ont été identifiées par la S.N. REPAL (voir tableau stratigraphique XIV). Enfin quelques spicules siliceux ont été observés dans les niveaux gréseux ou silteux.

La phase des clastiques organiques, au Dévonien moyen, se caractérise donc par l'extrême abondance des débris de Brachiopodes, Ostracodes et Crinoïdes, suivis de ceux de Bryozoaires, Trilobites et Eoptéropodes; par la grande abondance dans certains niveaux, à partir du Couvinien supérieur, des débris de Polypiers et de Bryozoaires; par l'absence, quasi totale, de débris identifiables de Mollusques : Lamellibranches, Gastéropodes et Céphalopodes, sauf dans les marno-calcaires **80-81** où on observe des sections recristallisées d'Orthocères et de Goniates.

5° Microfaciès

On se fera une idée des différents microfaciès du Dévonien moyen en feuilletant les microphotographies des Planches XVIII à XX. Parmi les principaux types de microfaciès, on peut distinguer :

a) *Microfaciès du Dévonien inférieur se poursuivant au Dévonien moyen :*

- | | |
|--|---|
| 1 — grès fins et siltstones à spicules siliceux (niveau 69); | |
| 2 — grès fins et siltstones calcaires à fins débris (77, 89) (Pl. XX, fig. 4); | |
| 3 — grès fins et siltstones calcaires lumachelliques (77) (Pl. XIX, fig. 1) | } à débris et fossiles entiers de Brachiopodes, Crinoïdes, Trilobites, Ostracodes et Eoptéropodes (Tentaculites); |
| 4 — calcaires gréseux ou silteux lumachelliques (77) | |
| 5 — calcaires lumachelliques (80-81) (Pl. XIX, fig. 2) | |
| (88 bis) (Pl. XX, fig. 1) | |
| 6 — calcaires crinoïdiques et encrinites (88 bis, 89) (Pl. XX, fig. 2 et 3). | |

b) *Microfaciès apparaissant au Dévonien moyen et caractéristiques de la formation :*

- 7 — calcaires construits à Polypiers et Bryozoaires (79, 85 bis, 87, 90) (Pl. XIX, fig. 4 et 5)
- 8 — calcaires argileux à très fins débris de tests (Brachiopodes, etc.) et à Eoptéropodes (Styliolines, Tentaculites) et Ostracodes plus ou moins abondants (74 bis, 80, 81, 88) (Pl. XVIII, fig. 4; Pl. XIX, fig. 3);
- 9 — marnes à Ostracodes et Eoptéropodes (82 à 86, 88);

c) *Microfaciès du Dévonien supérieur, rares au Dévonien moyen :*

- 10 — calcaires oolithiques à rares débris (89) (Pl. XX, fig. 5).

Le microfaciès 1, fréquent du Siegenien supérieur au Couvinien inférieur, disparaît ensuite totalement; les microfaciès 2, 3 et 4, abondants au Siegenien supérieur, continuent à l'être au sommet du Couvinien inférieur et au sommet du Givetien. Les microfaciès 5 et 6, fréquents au Gotlandien et au Siegenien inférieur, réapparaissent du Couvinien supérieur à la fin du Givetien, mais sous des variantes faciles à identifier. Les faciès 7, 8 et 9 sont des faciès largement répandus à partir du Couvinien supérieur et pendant tout le Givetien; ils sont très caractéristiques de ces formations. Le microfaciès 10 (calcaire oolithique) ne fait encore qu'une timide apparition dans les calcaires silteux de l'Amgala. Nous verrons que ce microfaciès devient beaucoup plus fréquent au Frasnien (p. 501).

D. — CONDITIONS DE SÉDIMENTATION

Comme au Dévonien inférieur, la sédimentation, au Dévonien moyen, offre une grande variété. Au Couvinien inférieur, la sédimentation à dominance sablo-silteuse de la partie supérieure du Dévonien inférieur se poursuit. Ensuite le régime de sédimentation change brusquement. Des dépôts de vases fines plus ou moins calcaires règnent pendant tout le Givetien, et alternent avec des épisodes récifaux et subrécifaux. Vers le haut de l'étage, la sédimentation reprend un cachet quelque peu plus détritique, et annonce déjà celle franchement détritique du Frasnien.

Au Couvinien inférieur, la sédimentation présente donc les mêmes caractères qu'au Siegenien supérieur et à l'Emsien. C'est une sédimentation essentiellement détritique de sables et de silts. Elle débute après la séquence positive emsienne (61 à 66) par une séquence négative surtout bien marquée dans la région sud : calcaires sans clastiques à *Spirifer pellico* (66), siltstones (67), grès (68, 69, 70) de plus en plus grossiers et à indice d'arrondi de plus en plus élevé (fig. 73). Cette séquence se termine par un ou deux niveaux à nodules phosphatés (71 et 73) dont la phase fine est analogue déjà à la séquence suivante. Celle-ci est constituée par des sédiments silteux réguliers (siltstones de Tighirt 74). Enfin les grès de Tighirt et les calcaires gréseux à *P. cultrijugatus* constituent une séquence positive à granulométrie régulièrement décroissante.

Mais dans le détail, les conditions de sédimentation sont très changeantes. Les variations latérales des faciès sont très rapides : les grès-quartzites de Tighirt (75), par exemple, semblent disparaître au Nord et au Sud du massif de ce nom. *Cette grande variabilité des faciès grés-silteux, liée à la présence de clastiques abondants et de nature variée, de matériel éolien, de débris végétaux mélangés à une faune marine, montre qu'au Couvinien inférieur règne une sédimentation marine peu profonde et vraisemblablement littorale.*

Le passage du Couvinien inférieur au Couvinien supérieur se fait très brusquement entre les niveaux 78 et 79. La limite, à la fois lithologique et paléontologique, est très franche : un biostrome constitué par une accumulation de Cystiphyllidés repose directement sur un banc de grès-quartzite très fin, dont la surface supérieure ferruginisée (patine ?) est couverte d'empreintes de Brachiopodes, de Crinoïdes et parfois de Plantes. C'est à ce même moment, qui correspond à un brusque arrêt des apports de clastiques, que se développe à Aidiat (et peut-être aussi aux Gor Aguel et Ain Terguit) un récif constitué par l'accumulation de Bryozoaires, de Coraux et de Stromatopores. Remarquons que les seules oolithes ferrugineuses observées au Dévonien moyen se trouvent à ce contact 78-79, à la base du biostrome à Cyathophyllidés.

A la sédimentation détritique sablo-silteuse du Couvinien inférieur, succède donc brusquement une sédimentation d'ordre uniquement biologique, de nature récifale, comprenant quelques récifs isolés et de grandes étendues marines où s'accumulent les Polypiers (Cystiphyllidés) et les Bryozoaires : l'apport clastique et argileux est totalement interrompu.

Puis, pendant le Couvinien supérieur, la sédimentation argileuse reprend bientôt, mais sans clastiques, alternant banc par banc avec une sédimentation biochimique calcaire, donnant des marno-calcaires (80). La base du Givetien est une limite purement paléontologique : la sédimentation de vases plus ou moins argileuses ou calcaires se poursuit au Givetien inférieur, mais des clastiques très fins (20 μ) réapparaissent très progressivement.

Cette sédimentation de vases argilo-calcaires se poursuit pendant tout le Givetien, mais avec apparition progressive de clastiques qui n'atteindront cependant jamais, dans l'étage, la classe des sables. C'est ainsi que les marnes de l'Amgala sont beaucoup plus silteuses que celles des marno-calcaires. La nature des clastiques y est aussi beaucoup plus variée (fig. 73). Cette accentuation du caractère détritique atteint son maximum avec les calcaires silteux de l'Amgala (89). Par ailleurs, dans ces derniers, apparaissent pour la première fois des oolithes calcaires. Ceci annonce la sédimentation grés-silteuse, à niveaux calcaires oolithiques, du Frasnien.

La sédimentation régulière de ces vases givetiennes est interrompue à plusieurs reprises par de nouveaux épisodes récifaux ou subrécifaux. Ce sont d'abord quelques minces lits, où s'accumulent dans les marnes, des Polypiers isolés et de petites coupoles (0,5 à 2 m de diamètre) de Tabulés (niveau 85 bis) ; puis, vers le haut, les bancs calcaires deviennent continus et constituent de vrais biostromes, très constants dans toute la région. L'accumulation commence souvent, au-dessus de marnes, par des dépôts de Bryozoaires et de petits Polypiers (*Disphyllum*, *Macgeea*) et sur cette base s'installent ensuite des Polypiers plus massifs. La plus importante de ces interruptions dans la sédimentation argileuse est constituée par le biostrome des « Polypiers inférieurs » (87) qui peut atteindre jusqu'à 40 m de puissance. La sédimentation givetienne se termine par un épisode analogue (« Polypiers supérieurs » 90), mais moins puissant.

La magnifique synthèse de M. LECOMTE (1957) sur les récifs dévoniens de l'Ardenne belge montre que dans cette région les biostromes se substituent aux biohermes en direction du littoral et les schistes qui les enveloppent passent à des calcaires argileux. Le niveau 79, qui est le seul à contenir des biohermes, et les marno-calcaires (80 et 81) correspondraient ainsi à la phase la plus transgressive de la mer et les biostromes 87 et 90 seraient l'indice d'un rapprochement de la côte, ce qui est en plein accord avec les observations granulométriques que nous avons faites. La forte prédominance des Coraux (Rugueux et Tabulés) sur les Stromatoporoïdes indiquerait, d'après M. LECOMTE, que ces biostromes se sont formés au-dessus de la zone à très forte turbulence.

Donc au Dévonien moyen, lorsque l'apport argileux domine, la faune est néritique ; lorsque celui-ci disparaît, la faune récifale peut vivre et s'accumuler sous forme de calcaires construits. S'il semble y avoir incompatibilité entre apport argileux et faune récifale, il n'en va pas de même avec l'apport silteux : les biostromes contiennent une phase clastique notable et variée (fig. 73) mais

dont les grains moyens ne sont pas inférieurs à 20 μ . Cet apport clastique lavé, vanné, ne comportant qu'une phase fine limitée, est la preuve d'une sédimentation en eaux agitées.

Les Calcéoles font exception, ces organismes, au contraire des autres Polypiers, pullulent dans les marnes et sont plus rares dans les biostromes calcaires (1). On peut donc penser que les marnes à Calcéoles représentent la sédimentation des vases qui règne au large des récifs. On aurait à partir de la côte la succession suivante : sédiments détritiques côtiers, biostromes, biohermes, marnes à Calcéoles.

En résumé, au Couvinien supérieur et au Givetien, la sédimentation est caractérisée par l'accumulation de vases argilo-calcaires de plus en plus grossières vers le haut, accumulation dont la monotonie est interrompue par des épisodes récifaux et subrécifaux sans apport argileux. Ce type de sédimentation, constitué par une alternance de boues à Eoptéropodes ou de vases argilo-calcaires, avec des calcaires (sub)récifaux, indique une nette transgressivité de la mer par rapport à celle du Couvinien inférieur. L'étude granulométrique (fig. 73) nous a montré le caractère brutal de la transgression marine qui se produit au Couvinien supérieur. L'apparition soudaine de récifs le confirme. Le Zemmour appartient toujours à la plateforme continentale. Il se trouve dans une zone plus éloignée des côtes, sans que toutefois la mer atteigne des profondeurs importantes.

(1) Certains auteurs interprètent l'opercule comme une protection contre les émergences dans la zone d'allées et venues des marées, d'autres au contraire comme un organe de protection contre l'envasement.

CHAPITRE III

ÉTUDE PALÉONTOLOGIQUE

Le Dévonien moyen est la formation qui comporte, au Zemmour, les faunes les plus abondantes, les plus variées et également les mieux conservées. L'alternance de faciès gréseux, marneux et calcaires augmente encore la variété de ces faunes, certains niveaux présentant des faunes néritiques de Brachiopodes et Trilobites, d'autres, plus calcaires, des faunes subrécifales et récifales de Polypiers et Bryozoaires.

A. — ASSOCIATIONS DE FAUNE ET NIVEAUX CARACTÉRISTIQUES

La succession précise des faunes est donnée dans les tableaux stratigraphiques X à XIV. Les niveaux fossilifères les plus représentatifs sont les suivants, de haut en bas :

- 90 — Faune des Polypiers supérieurs à *Calceola sandalina* var. *alta*.
- 88 — Faune des marnes de l'Amgala à *Spinocyrtia ascendens* et *Neometacanthus stellifer*.
- 87 — Faune des Polypiers inférieurs à *Hexagonaria helianthoides*.
- 82 à 86 — Faunes des marnes à *Calceola sandalina* var. *lata*.
- 81 — Faune des marno-calcaires à *Werneroceras crispiforme*.
- 80 — Faune des marno-calcaires à *Acrospirifer speciosus speciosus* et *Scoliophyllum lamellosum*.
- 77 — Faune des calcaires gréseux à *Paraspirifer cultrijugatus* et *Chonetes* sp. e. g. *plebeius*.
- 74 — Faune des grès de Tighirt à *P. cultrijugatus* et *Uncinulus lodanensis*.
- 69 — Grès-quartzites à *Tropidoleptus* sp. e. g. *carinatus*.

Nous étudierons successivement chacune de ces faunes, mais étant donné l'abondance des fossiles, nous ne pourrions discuter l'extension géographique et verticale que des plus représentatifs d'entre eux.

1° Faune des grès-quartzites à *Tropidoleptus* sp. e. g. *carinatus* (Niveaux 69)

Cette faune (Pl. XXXV, fig. 9 à 13) est limitée à quelques empreintes le plus souvent indéterminables spécifiquement, parmi lesquelles on a relevé : COELENTERES : *Pleurodictyum* sp.; BRACHIOPODES : *Paraspirifer* sp., *Camarotoechia* cf. *nympha* (BARR.), *C.* sp., *Stropheodonta* sp., *Tro-*

pidoleptus sp. e *g. carinatus* (CONRAD); TRILOBITES : *Homalonotus* sp. (Pl. XXXV, fig. 9); EO-PTEROPODES : *Tentaculites sougyi* LARDEUX. On observe aussi des débris de Plantes (?).

***Camarotoechia* cf. *nympha* (BARRANDE, 1879)**

Niveaux 34, 35, 45 et 69

Répartition géographique : Anjou, Harz, Bohême, Alpes carniques, Oural, Podolie, Bosphore, Turkestan, Sibérie; Tafilalet, Oued Dra, chaîne d'Ougarta.

Extension verticale : *Silurien supérieur à Couvinien inférieur*. Coblencien du calcaire d'Erbray, du Harz. F₂ de Bohême. Eodévonien de l'Oural. Siegenien inférieur de la Saoura, Emsien inférieur d'Haci Remlia (Tafilalet), Emsien de Mechra Ben Abbou (Maroc occidental). Au Djebel Hamsaïlikh, d'abord placée à la base du Couvinien inférieur par H. HOLLARD et P. JACQUEMONT (1956), sa position a été révisée depuis par H. HOLLARD (1958) qui la situe vers le haut de l'Emsien supérieur.

Associations : *Spirifer trigeri*, *Sp. pellico*, *Uncinulus princeps*, *U. pilus* et toute la faune d'Haci Remlia, d'Erbray et de Chalonnès; l'association, ici, avec *Tropidoleptus carinatus*, est assez inhabituelle.

Cette faune est donc caractérisée par l'association d'une espèce à tendance plutôt éodévonienne et de *Tropidoleptus carinatus*, espèce mésodévonienne et frasnienne (p. 465). En l'absence d'éléments plus précis, on peut la considérer comme représentant sensiblement la limite de l'Emsien et du Couvinien inférieur. Nous l'avons placée à la base du Couvinien inférieur, un peu arbitrairement.

2° Faune des siltstones argileux de Tighirt à *Paraspirifer cultrijugatus* et *Uncinulus lodanensis* (Niveaux 74-74 bis)

Cette faune (Pl. XXXVI, fig. 1 à 9), plus riche, est particulièrement bien représentée dans le talus de la falaise de Tighirt. Elle comporte :

COELENTERES : *Syringaxon* sp. e. *g. curta* POCTA, Zaphrentidae, *Sinospongophyllum planotabulatum* YOH; BRACHIOPODES : *Paraspirifer* sp. e. *g. cultrijugatus* (ROEMER), *P. sp.*, *Cyrtina heteroclyta* (DEFR.), *Athyris* sp. e. *g. concentrica* (MURCH.), *Uncinulus lodanensis* BURHENNE, *Camarotoechia* sp., *Atrypa reticularis* (L.), *Leptaena rhomboidalis* (WILCK.), *Schizophoria striatula* (SCHLOTH.), *S. sp.*, *Rhipidomella penelope* (HALL), *Rh. sp. e. g. vanuxemi* (HALL), *Isorthis trigeri* (DE VERN.), *I. sp. e. g. tetragona* (ROEMER), *Aulacella* sp. e. *g. interlineata* (SOW.), *A. sp. nov. ?*, *Pholidostrophia lepis* (BRONN), *Sieberella ? sp.*; ANNELIDES : *Spirorbis* sp.; CEPHALOPODES : Orthocères; TRILOBITES : *Scutellum* (*Paralejulius*) *dormitzeri dormitzeri* (BARR.), *Treveropyge boopis* (R. RICHTER) ?, *Phacops* sp.; CRINOIDES : *Cyathocrinites pinnatus* GOLDF. et autres genres indéterminés; CONULAIRES : *Mesoconularia* cf. *aliena* BARR.

***Sinospongophyllum planotabulatum* YOH, 1937**

Niveau 74 (abondant)

Répartition géographique : Chine, Saoura.

Extension verticale : *Couvinien inférieur à Givetien*.

Couvinien inférieur de la Saoura (banc à *Anarcestes lateseptatus*) au km 30.

Givetien probable de Chiaoting (Chine).

Association : *Uncinulus lodanensis*, *Phacops fecundus major*, *Acrospirifer speciosus speciosus*, *Caliapora chouberti*, etc. (D. LE MAITRE, 1952a, p. 12) (Saoura).

***Paraspirifer cultrijugatus* (F. ROEMER, 1844)**

Pl. XXXVI, fig. 14

Niveaux 74 et 77

Répartition géographique : espèce largement répandue en Europe : Devonshire, Bretagne, Ardenne, Eifel, Montagne Noire, Pyrénées, Asturies, Léon. Connue aux U.S.A. sous le nom de *Sp. acuminatus* CONRAD. Fréquente en Afrique : Maroc (Oued Dra, Mechra Ben Abbou), Saoura et Ougarta, Ahnet, Tassili Oua N'Ahaggar, bord sud du synclinal de Tindouf, Sahara espagnol (Dala Ernit), Adrar mauritanien.

Extension verticale : (*Emsien supérieur*) - *Couvinien inférieur*.

Dans l'Ardenne, caractérise l'assise de Bure (Couvinien inférieur). Apparaît à l'Emsien supérieur, mais y est souvent confondu avec *P. auriculatus* (Ardenne, Eifel, Montagne Noire, Asturies) et a son

maximum d'abondance au Couvinien inférieur. En Afrique, semble limité au Couvinien inférieur. Aux U.S.A. (*Sp. acuminatus*), il se rencontre dans les calcaires d'Onondaga.

Associations : *Calceola sandalina*, *Heliolithes porosus*, *Productella subaculeata* (Devonshire); *Calceola sandalina* (Montagne Noire, Asturies, Léon, Eifel, Ardenne); *Spirifer paradoxus* (Arnao, Emsien supérieur des Asturies), *Uncinulus lodanensis*, *U. orbignyanus* (vallée du Dra et synclinal de Tindouf, Saoura); *Rhipidomella hamoni*, *Stropheodonta murchisoni*, *Acrospirifer pellico* (synclinal de Tindouf); *Stropheodonta subtetragona*, *Pholidostrophia lepis*, etc. (Saoura, voir D. LE MAITRE, 1952a, p. 15).

Uncinulus lodanensis BURHENNE, 1899

Pl. XXXVI, fig. 6

Niveau 74

Espèce rare au Zemmour, un seul exemplaire trouvé dans le talus de la falaise de Tighirt.

Répartition géographique : Nord de la France (Fourmies), Ardenne, Rhénanie; Saoura, bord sud du synclinal de Tindouf, plaine du Dra (Assa).

Extension verticale : *Couvinien inférieur*.

Couvinien inférieur (Fourmies, Ardenne, synclinal de Tindouf, Saoura); assise à *Spirifer cultrijugatus* de l'Ardenne belge; base du Couvinien inférieur du Dra.

Association : *U. orbignyanus*, *U. pilus*, *Sp. cultrijugatus*, *Eoreticularia curvata*.

Rhipidomella penelope (HALL, 1860)

Pl. XXXIX, fig. 13

Niveaux 74
et 80

Extension verticale : Dévonien moyen d'Amérique du Nord.

Rhipidomella vanuxemi (HALL, 1857)

Pl. XXXVI, fig. 8

Niveaux 74, 80,
81 et 87

Extension verticale : partie supérieure du Dévonien inférieur et Dévonien moyen d'Amérique du Nord.

Isorthis trigeri (DE VERNEUIL, 1840)

Niveau 74

Extension verticale : espèce habituellement coblencienne.

Isorthis sp. e. g. tetragona (ROEMER, 1844)

Pl. XXXVI, fig. 7 Niveaux 74, 80 et 81

Extension verticale : *Couvinien*.

Cette espèce est très abondante dans le niveau 74 du Zemmour, où elle est associée avec *Rhipidomella penelope* et *Rh. sp. e. g. vanuxemi*. A Bir Ould Brini, associée dans le Couvinien à *H. halli* et *Sp. diluvianus*.

Aulacella interlineata (SOWERBY, 1840)

Pl. XLII, fig. 18 et 19 Niveaux 74, 80,
81, 82, 85, 87 et 88

Répartition géographique : Ardenne, Espagne, Maroc.

Extension verticale : *Couvinien inférieur* à *Strunien*.

L'espèce du Zemmour a été figurée par H. et G. TERMIER (1950, Pl. LXXI, fig. 19-26) mais sans grande précision sur sa position stratigraphique.

Pholidostrophia lepis (BRONN, 1835)

[synonyme de **Leptaena naranjoana** DE VERNEUIL, 1850]

Pl. XXXIX, fig. 14

Niveaux 74, 80 et 81

Répartition géographique : Loire-atlantique (schistes de Liré), Anjou, Ardenne, Rhénanie, Asturies. En Afrique : région d'Ougarta, Bou Bernous.

Extension verticale : Coblencien à Givetien, avec maximum d'abondance dans le Couvinien.

Couvinien des schistes de Liré, Couvinien supérieur de l'Ardenne (assise de Couvin à Calcéoles), Couvinien inférieur d'Ougarta.

Associations : *Platyorthis opercularis* (schistes de Liré); *Paraspirifer cultrijugatus* (Ougarta).

Scutellum (Paralejulus) dormitzeri dormitzeri (BARRANDE, 1852)

Pl. XXXVI, fig. 3

Niveau 74 bis

Répartition géographique : Anjou, Allemagne, Montagne Noire, Bohême, Pologne; Maroc (Chaouïa sud).

Extension verticale : Eodévonien supérieur et Mésodévonien inférieur.

En Bohême, espèce des calcaires de Měňany, ou plus précisément des calcaires de Vinařice (Dévonien inférieur). En Allemagne, calcaire de Greifenstein et de Ballersbach (Couvinien inférieur). Calcaire de Chaudefonds (Emsien supérieur à Couvinien inférieur). En Afrique ne semble avoir été signalée que dans un niveau de Dévonien remanié de la Chaouïa sud. Au Zemmour, un seul spécimen a été trouvé, dans le talus de la falaise de Tighirt, dans un petit banc calcaire.

Cyathocrinites pinnatus GOLDFUSS

Pl. XXXVI,
fig. 4 et 5

Niveaux 74, 77,
78, 80 et 81

Cette espèce d'Allemagne, très abondante au Zemmour, surtout dans le niveau 74, est connue au Maroc, dans le Dévonien inférieur, et dans le Couvinien d'Issoumour.

3° Faune et flore (?) des grès-quartzites de Tighirt (Niveau 75)

Les grès-quartzites de Tighirt n'ont livré que des empreintes indéterminables qui confirment leur nature marine; encadrés par deux niveaux à *P. cultrijugatus* (niveaux 74 et 77), ils appartiennent certainement au Couvinien inférieur. On y a relevé la faune suivante (Pl. XXXVI) : BRACHIOPODES : *Acrospirifer* sp. (Pl. XXXVI, fig. 10), *Paraspirifer* sp., « *Spirifer* » sp., *Camartoechia* sp.; TRILOBITES : *Homalonotus* sp., *Asteropyge* sp. (Pl. XXXVI, fig. 11); EOPTEROPODES : *Tentaculites* sp.

A cette faune viennent s'ajouter des empreintes de Plantes (?) évoquant des Psilophytales, mais qui n'ont pas encore pu faire l'objet de déterminations précises (Pl. XXXVII, fig. 1 à 3). Remarquons que H. TERMIER (1936, p. 341, 342 et 365) signale des grès à Végétaux dans le Couvinien et le Givetien du Maroc central (anticlinorium de Khouribga-Oulmès).

4° Faune des calcaires grés-silteux à *Paraspirifer cultrijugatus* et *Chonetes* sp. e.g. *plebeia* (Niveau 77)

Cette faune est surtout développée dans le Sud du secteur (synclinal des Oudeï Askaf, Aïdiate, Douik Çreïer). Elle comporte l'association suivante (Pl. XXXVI) :

COELENTERES : *Lithophyllum* sp. nov., *Michelinia* ou *Pleurodictyum*; BRACHIOPODES : *Mucrospirifer* sp., *Paraspirifer cultrijugatus* (F. ROEMER), *P. cultrijugatus* var. *multiplicata* LE MAITRE, *P. sp. e.g. cultrijugatus* (petites formes), *P. sp.*, *Spirifer* sp. (Pl. XXXVI, fig. 13), « *Orthis* » sp., *Stropheodonta* sp., *Schuchertella* sp. (?), *Chonetes* sp. e.g. *plebeia* SCHNUR, *Chonetes* sp.; TRILOBITES : *Phacops fecundus major* BARRANDE; CRINOIDES : cf. *Cyathocrinites pinnatus* GOLDFUSS. C'est une faune pauvre en fossiles déterminables spécifiquement, mais qui est caractérisée par son extraordinaire abondance en *Paraspirifer cultrijugatus*.

***Paraspirifer cultrijugatus* (F. ROEMER) var. *multiplicata* LE MAITRE, 1952**

Niveau 77

Variété du Couvinien inférieur de la région d'Ougarta (El Kseib), associée à *P. cultrijugatus*. Au Zemmour, limitée pour l'instant au niveau 77, elle a été trouvée au NW immédiat de Bir Aïdiate.

Chonetes sp. e. g. plebeia SCHNUR, 1853Niveaux **66** et **77** (très abondant)

Répartition géographique : Anjou, Ardenne, Eifel, Bosphore, Méséta marocaine, Oued Dra.

Extension verticale : *Emsien et Couvinien inférieur*.Calcaire de Chaudefonds (Emsien supérieur à Couvinien inférieur), assise à *P. cultrijugatus* de l'Ardenne (= assise de Bure, Couvinien inférieur), Biedenburg Schichten (Emsien inférieur du SE de l'Eifel), marbre de l'Oued Ykem (Dévonien moyen de la Méséta). Cette espèce a déjà été signalée au Sahara occidental, sans précision de localité, par J. COTTREAU (1940, p. 196).Associations : *P. cultrijugatus*, *Calceola sandalina* (Ardenne); *Tropidoleptus rhenanus*, *Acrospirifer pellico* (SE Eifel); *Calceola sandalina*, *Uncinulus orbignyanus* (Chaudefonds).**Phacops (Phacops) fecundus major** BARRANDE, 1852

Pl. XXXVI, fig. 12

Niveaux **66** et **77**

Répartition géographique : Anjou, Bohême. En Afrique, espèce répandue : Maroc occidental (Mechra Ben Abbou), Maroc central, Tafilalet (Haci Remlia), Maïder, Oued Dra, Saoura.

Extension verticale : *Siegenien à Couvinien*.

Calcaire d'Erbray (Emsien), calcaire de Chaudefonds (Emsien supérieur à Couvinien inférieur), calcaires de Měňany (sommets de l'étage F de Barrande), Couvinien inférieur de Mechra Ben Abbou et de la Saoura, Couvinien du Maroc central, toit de l'Emsien dans le Maroc présaharien (H. HOLLARD, 1958).

Associations : *Calceola sandalina*, *Paraspirifer cultrijugatus* (Mechra Ben Abbou); *Uncinulus lodanensis*, *Rhipidomella hamoni*, etc. (D. LE MAITRE, 1952a, p. 12) (Saoura, km 30); *Anarcestes lateseptatus plebeius* (Dra et Maïder).Selon J. PILLET (1959, *in litt.*), la variété *major* précède, dans une même région, la variété *degener*, ce qui est le cas au Zemmour (p. 362).La faune des calcaires gréseux et grès calcaires à *P. cultrijugatus* et *Chonetes* sp. e. g. *plebeia* (niveau **77**) peut donc être considérée comme caractérisant franchement le Couvinien inférieur (fig. 75). L'abondance des *Paraspirifer cultrijugatus*, qui forment dans certains lits de véritables lumachelles, y est particulièrement remarquable.**5° Faune et flore (?) des grès fins à Mucrospirifer sp. et Plantes (?) (Niveau 78)**Ce niveau qui termine les formations gréseuses du Couvinien n'a livré que des empreintes de Brachiopodes, de Crinoïdes et de Tentaculites, et par ailleurs de très abondantes empreintes de Plantes (?) (Pl. XXXVI, fig. 15 à 17, Pl. XXXVII, fig. 5 à 8) : Plantes (?); BRACHIOPODES : *Mucrospirifer* sp.; « *Spirifer* » sp.; CRINOIDES : *Cyathocrinites pinnatus* GOLDF.; EOPTEROPODES : *Tentaculites* sp.Cette faune n'apportant aucune précision sur l'âge de ce niveau, les grès **78** ont été groupés avec le Couvinien inférieur, pour des raisons de lithologie : ils sont très minces et achèvent la séquence détritique du Couvinien inférieur.**6° Faune du biostrome à Cystiphyllidés et du bioherme d'Aïdiate (Niveau 79)**

Cette faune à caractère récifal (bioherme d'Aïdiate) ou subrécifal (biostrome à Cystiphyllidés) ne comporte ni Brachiopode, ni Trilobite. Elle n'a pas encore été étudiée dans son ensemble, mais a déjà fourni les espèces suivantes :

COELENTERES : *Heliophyllum halli* M. E. et H., *Prismatophyllum* (*Hexagonaria*) sp., *Cyathophyllum helianthoides* GOLDF., *Lithophyllum* (= *Zonophyllum*) cf. *marginatum* WEDEKIND, ? « *Cystiphyllum* » *sulcatum* BILLINGS, *Actinostroma verrucosum* (GOLDF.); CRINOIDES : *Poteriocrinus* sp. ?

Heliophyllum halli MILNE EDWARDS et HAIME, 1850

Niveaux 79, 81 et 87

Répartition géographique : très grande; Etats-Unis, Devonshire, Transcaucasie méridionale; Maroc, bord sud du synclinal de Tindouf, Bou Bernous.

Extension verticale : *Couvinien* - *Givetien*.

Columbus limestone de l'Ohio (Couvinien), Hamilton group (Givetien), Givetien supérieur d'Arménie, Dévonien moyen de Torquay, Couvinien de Mechra Ben Abbou (Maroc occidental) et du récif de Ouhilane (Tafilalet), Givetien inférieur et supérieur du synclinal de Tindouf et Givetien de Bou Bernous.

Associations : *Calceola sandalina* (Mechra Ben Abbou, Ouhilane, synclinal de Tindouf). Au Zemmour au contraire les Calcéoles apparaissent plus tard, avec le niveau 84 seulement.

Cyathophyllum (Hexagonaria) helianthoides GOLDFUSS, 1826

Pl. XXXVIII, fig. 2

Niveaux 79 et 87

Cette espèce du Dévonien d'Europe et des Etats-Unis a été signalée au Maroc central (calcaires givetiens-frasnien) et à Aouinet Legraa au-dessus des couches à Calcéoles (N. MENCHIKOFF, 1930, p. 81), dans le Givetien. Elle est également citée dans le Givetien du Yunnan.

Lithophyllum (= Zonophyllum) cf. marginatum WEDEKIND, 1925

Niveaux 79 et 80

Répartition géographique : Allemagne (région de Gerolstein), Tafilalet.

Extension verticale : *Dévonien moyen*.

En Allemagne, « divisions inférieures et moyennes du milieu du Dévonien moyen » d'après R. WEDEKIND; Couvinien du récif de Ouhilane.

Associations : faune de Ouhilane, dont *Heliophyllum halli*, *Actinostroma verrucosum* et *Calceola sandalina*.

? « Cystiphyllum » sulcatum BILLINGS

Pl. XXXVIII, fig. 3

Niveau 79

Répartition géographique : Etats-Unis, synclinal de Tindouf.

Extension verticale : Columbus limestone (Couvinien).

Associations : *Heliophyllum halli* (Columbus limestone de l'Ohio).

Actinostroma verrucosum (GOLDFUSS, 1826)

Pl. XLVI, fig. 8

Niveaux 79

(faciès récifal) et 87

Répartition géographique : très large; Angleterre, Anjou, Allemagne, Alpes Carniques, U.R.S.S. (Kusnetsk et Oural), Australie, Maroc occidental, Tafilalet.

Extension verticale : (très grande) *Gotlandien* à *Couvinien*.

Gotlandien d'Australie, Dévonien inférieur des Alpes Carniques, Couvinien inférieur du calcaire de Chaudefonds, Couvinien (supérieur ?) de l'Oural, Couvinien du Tafilalet (récif de Ouhilane). Au Zemmour, l'espèce se retrouve encore au niveau 87 attribué au Givetien.

Cette faune coralligène est donc typiquement mésodévonienne. L'association *H. halli*, *L. marginatum* et *A. verrucosum* se retrouve ici comme à Ouhilane, faciès récifal considéré comme couvinien par D. LE MAITRE (1947). Sa position entre les niveaux 78 et 80, au départ d'un cycle sédimentaire sans clastique, m'a incité à la situer dans le Couvinien supérieur, comme le niveau qui lui fait suite.

7° Faune des marno-calcaires à *Acrospirifer speciosus speciosus* et *Scoliophyllum lamellosum* (Niveau 80)

Les marno-calcaires qui constituent les niveaux 80 et 81 ont pu être subdivisés paléontologiquement grâce aux affleurements d'Aguelte Oudiate el Khyam (p. 399), dans lesquels de petites

combes marneuses séparent chaque niveau calcaire. Les deux niveaux 80 et 81 étant très rapprochés, il n'est toutefois pas exclu que certaines espèces que nous avons ramassées dans un des niveaux, se trouvent également dans l'autre.

Le niveau 80 a livré une faune très riche en individus et en espèces, où dominent les Brachiopodes, suivis des Crinoïdes, des Trilobites et des Polypiers (Tétracoralliaires), mais d'où les Goniatites semblent absentes. On a relevé l'association suivante :

COELENTERES : *Hadrophyllum pauciradiatum* M.E. et H., *Syringaxon bohémica barrandei* PRANTL, *Triplophyllum* sp. e. g. *djemellense* LE MAITRE, *Triplophyllum* ?, *Scoliophyllum* (*Cystiphyllum*) *lamellosum* (GOLDF.), *Lithophyllum* cf. *vesiculosum* (GOLDF.), L. (*Zonophyllum*) cf. *septatum* WEDEKIND, L. (*Zonophyllum*) sp. e. g. *marginatum* WEDEKIND, « *Cystiphyllum* » *ohiensis* NICH.; **BRACHIOPODES** : *Hysterolites elegans* (STEIN.), *Acrospirifer speciosus speciosus* (AUCT.) formes transverses, *Mucrospirifer* sp. e. g. *mucronatus* (CONRAD), *M. diluvianus* (STEIN.), *Cyrtina heteroclyta* (DEFR.), C. cf. *heteroclyta*, *Reticularia* sp. e. g. *aviceps* (KAYSER), *Reticularia* sp., *Eoreticularia curvata* (SCHLOTH.), E. sp., *Ambocoelia* sp. e. g. *umbonata* (CONRAD), *Crurithyris* sp., « *Delthyris* » *macrorhynchus* (SCHNUR), *Dielasma* (?) sp., *Athyris* sp. e. g. *concentrica* (MURCH.), A. *spiriferoides* EATON, A. cf. *spiriferoides* EATON, A. sp., *Kayseria lens* (PHILLIPS), *Plectospira longirostris* (KAYSER), *Nucleospira* sp. e. g. *concinna* (HALL), « *Trigeria* » sp. e. g. *guerangeri* (VERN.), *Uncinulus* aff. *signatus* (SCHNUR), U. *parallelepipedus* (BRONN), U. aff. *goldfussi* (SCHNUR), *Pugnax pugnoides latus* SCHMIDT, *Septalaria* sp. e. g. *subtetragona* (SCHNUR), *Camarotoechia* sp. e. g. *betterbergiana* Herta SCHMIDT, « *Camarotoechia* » sp., C. sp. a, C. sp. b, *Atrypa reticularis* (L.), A. *reticularis* (forme triangulaire un peu ailée), A. cf. *reticularis*, A. *aspera* (SCHLOTH.), *Leptaena rhomboidalis* (WILCK.), *Schizophoria* cf. *striatula* (SCHLOTH.), S. sp., *Rhipidomella penelope* (HALL), R. *vanuxemi* (HALL), « *Orthis* » sp., *Platyorthis* sp. e. g. *opercularis* (DE VERN.), *Isorthis* sp. e. g. *tetragona* (ROEMER), I. sp., *Aulacella* sp. e. g. *interlineata* (Sow.), A. sp., A. nov. sp. ?, *Fascicostella* sp., *Stropheodonta* (*Brachyprion*) sp. e. g. *phillipsii* (BARR.), S. sp. e. g. *demissa* (CONRAD), S. sp., *Pholidostrophia lepis* (BRONN), Ph. sp. e. g. *nacrea* (HALL), *Schuchertella umbracula* (SCHLOTH.), S. sp. e. g. *umbracula* (SCHLOTH.), *Chonetes* sp. e. g. *minutus* (GOLDFUSS), *Productella subaculeata* (MURCH.), *Gypidula* sp. e. g. *galeata* (DALMAN), G. sp.; **ANNELIDES** : *Spirorbis* sp.; **GASTEROPODES** : *Platyceras* (plusieurs espèces); **CEPHALOPODES** : « *Orthoceras* » sp., *Gomphoceras* sp.; **TRILOBITES** : *Phacops* (*Phacops*) *schlotheimi* BRONN, P. *fecundus degener* BARR., P. sp., *Proetus* (*Proetus*) *orbitatus* BARR., *Asteropyge* sp.; **CRINOIDES** : *Cyathocrinites pinnatus* GOLDF., *Poteriocrinus* ?, nombreux Crinoïdes indéterminés.

***Hadrophyllum pauciradiatum* M. EDWARDS et HAIME, 1851**

Pl. XXXVIII, fig. 8 et 9

Niveau 80

Répartition géographique : Allemagne (Eifel, Sauerland), synclinal de Tindouf, région d'Ougarta, Adrar mauritanien.

Extension verticale : Couvinien - Givetien inférieur.

Allemagne : Obere *cultrijugatus* Schichten (Couvinien inférieur), schistes supérieurs à *Calceola sandalina* (Couvinien supérieur); Saoura : Couvinien inférieur, juste au-dessus de P. *cultrijugatus*; Adrar maure : Couvinien (Dhlaïet el Ateuch); synclinal de Tindouf : Couvinien supérieur et base du Givetien.

Associations : *Spirifer speciosus speciosus*, Sp. *elegans*, Sp. *ostiolatus* (Adrar); *Paraspirifer cultrijugatus*, *Syringaxon bohémica barrandei*, *Triplophyllum djemellense*, etc. (Ougarta, D. LE MAITRE, 1952a, p. 15); Sp. *speciosus speciosus*, Sp. *elegans* (synclinal de Tindouf).

***Syringaxon bohémica barrandei* PRANTL, 1938**

Pl. XLIII, fig. 5

Niveaux 80, 81 et 82

Répartition géographique : Bohême, Saoura, Tafilalet.

Extension verticale : Siegenien à Givetien.

Couvinien de Bohême (couches de Hlubočepý); Dévonien inférieur et moyen de Taouz (Tafilalet); Couvinien du Dra; Couvinien inférieur de la Saoura.

Associations : H. *pauciradiatum*, *Triplophyllum djemellense*, A. *speciosus speciosus*, P. *cultrijugatus*, etc. (Erg Djemel); *Microcyclus intermedius*, *Syringaxon bohémica bohémica* (Haci Abd el Adhim, Saoura).

Triplophyllum sp. e. g. djemellense LE MAITRE, 1952

Niveaux 80, 81 et 85

Extension verticale : Couvinien inférieur de l'Erg Djemel et d'El Kseib (environs d'Ougarta).

Associations : au-dessous de la zone à *Pinacites jugleri*, avec *H. pauciradiatim*, *S. bohémica barrandei*, *A. speciosus speciosus*, *P. cultrijugatus*.

Scoliophyllum (Cystiphyllum) lamellosum (GOLDFUSS, 1826)

Pl. XXXVIII, fig. 10 et 11

Niveau 80

Extension verticale : Couvinien supérieur et extrême base du Givetien.

Couvinien supérieur de l'Eifel (schistes à Calcéoles) et de l'Ardenne; Rommersheimer Schichten (extrême base du Givetien rhénan). Ce fossile a été signalé au Sahara occidental et mauritanien, sans précision de localité, par J. COTTREAU (1940). Au Zemmour, il est abondant et très caractéristique du niveau 80. Bien que P. GEVIN (1960 [1958]) ne le mentionne pas, ce fossile existe également sur le bord sud du synclinal de Tindouf, à la limite Couvinien-Givetien.

Lithophyllum cf. vesiculosum (GOLDFUSS, 1826)

Pl. XXXVIII, fig. 5

Niveau 80

Répartition géographique : très large; Devonshire (Torquay), Allemagne (Eifel), Pyrénées, Espagne (Léon), Amérique du Nord (Ontario, Ohio, Michigan), Transcaucasie, Inde. En Afrique : Maroc, synclinal de Tindouf, Sahara occidental, Sahara espagnol.

Extension verticale : Dévonien moyen.

Aux U.S.A. : Upper Helderberg group, Columbus limestone, Hamilton group (Dévonien moyen). En Allemagne : Dévonien moyen. Au Maroc : Couvinien de Ouihalane (Tafilalet), de Mechra Ben Abbou. Dans le synclinal de Tindouf : Couvinien supérieur et Givetien inférieur. Au Sahara espagnol : Dala Bensaca, calcaires à Polypiers au-dessus des argiles à Calcéoles.

Associations : *Calceola sandalina*, *Favosites goldfussi*, *Alveolites chaetetiformis*, *Heliophyllum halli* (synclinal de Tindouf); *Calceola sandalina* (Mechra Ben Abbou, Maroc occidental).

Lithophyllum (Zonophyllum) sp. e. g. septatum WEDEKIND, 1925

Pl. XXXVIII, fig. 13

Niveaux 80, 81, 88 et 90

Répartition géographique : Allemagne, Maroc occidental, Tafilalet.

Extension verticale : Couvinien et Givetien inférieur.

En Allemagne, à Dachberg, région de Gerolstein, passage Couvinien-Givetien et base du Givetien. Couvinien de Mechra Ben Abbou et d'Ouihalane (D. LE MAITRE, 1947, p. 57).

Associations : *Calceola sandalina* (Mechra Ben Abbou); *Calceola sandalina*, *Lithophyllum vesiculosum*, *L. marginatum*, *Heliophyllum halli* (Ouihalane, Tafilalet).

Hysterolites elegans (STEININGER, 1853)

Pl. XLII, fig. 11 Niveaux 80, 81 et 82

Répartition géographique : Bretagne, Ardenne, Allemagne, Oued Dra, Sud du synclinal de Tindouf, Sahara espagnol, Ahnet, Adrar mauritanien, synclinal de Taoudenni.

Extension verticale : Emsien supérieur à Givetien inférieur.

Espèce généralement couvinienne : schistes de Porsguen (Finistère), schistes et calcaires de Pont-Maillet (Loire-Maritime), schistes et calcaires de Couvin, Couvinien d'Allemagne, Couvinien inférieur de l'Ahnet, Couvinien des Gor Morehba (Sahara espagnol) et de Terhazza (synclinal de Taoudenni). Partie supérieure de l'Emsien des plaines du Dra. Couvinien supérieur et Givetien inférieur du bord sud du synclinal de Tindouf et de l'Adrar mauritanien (Hassi el Motleh).

Associations : *Paraspirifer cultrijugatus* (Ahnet); *Calceola sandalina*, *Heliolites porosus* (Ardenne); *Acrospirifer speciosus*, *C. sandalina*, *P. cultrijugatus* (Porsguen); *Spinocyrtia granulosa*, *Calceola sandalina* (synclinal de Tindouf); *Sp. ostiolatus*, *A. speciosus*, *H. pauciradiatim* (Adrar); *Agoniatites* sp., *Schizophoria* cf. *vulvaria*, *Tropidoleptus* cf. *carinatus* (synclinal de Taoudenni).

Acrospirifer speciosus speciosus (AUCTORUM) formes transverses

Pl. XXXIX, fig. 8

Niveau 80

Répartition géographique : largement répandu : Bretagne, Normandie, Ardenne, Eifel, Arménie (défilé de l'Araxe); Haut-Tonkin; Afrique du Nord (Saoura, Mouydir, Maïder, bord sud du synclinal de Tindouf, Bou Bernous), Adrar mauritanien.

Extension verticale : *Couvinien*.

En Belgique, première sous-assise (schistes à *S. speciosus*) de l'assise de Couvin à Calcéoles (Co2a); Couvinien supérieur de Claminforge; schistes et calcaires à *Phacops potieri* (Emsien supérieur-Couvinien inférieur) de Bretagne et de Normandie; schistes de Porsguen (Couvinien de Bretagne); Couvinien à Calcéoles du défilé de l'Araxe (confins U.R.S.S.-Iran); série de Bac-Boun (Couvinien du Haut-Tonkin). En Afrique : Couvinien inférieur de la Saoura (km 30, Erg Djemel), du Mouydir et du Maïder; Couvinien supérieur du synclinal de Tindouf; Couvinien de l'Adrar mauritanien (Hassi el Motleh et Dhlaïet el Ateuch).

Associations : dans la Saoura, *A. speciosus* est associé à *P. cultrijugatus*; au Zemmour il se trouve au-dessus; dans l'Adrar mauritanien, il se trouve à la fois associé et au-dessus (Couvinien supérieur). Dans l'Ardenne (Lex. strat., I, 4aI, p. 390), *P. cultrijugatus* semble éteint avant la zone des schistes à *A. speciosus*.

Mucrospirifer sp. e. g. mucronatus (CONRAD, 1841)

Pl. XXXIX, fig. 9

Niveau 80

Répartition géographique : (très large) Amérique du Nord : Alaska, Baie d'Hudson, Est des U.S.A.; Europe; Eifel; Afrique : Sahara espagnol (Smara), Adrar mauritanien (Dhlaïet el Ateuch).

Extension verticale : *Couvinien supérieur à Frasnien*.

Hamilton beds des U.S.A. (Givetien); zone à *Spirifer ostiolatus* de l'Eifel; Givetien supérieur ou Frasnien inférieur de l'Adrar maure; Frasnien de Smara (Sahara espagnol), au-dessus des premiers *Spirifer verneuili*.

Associations : *Spirifer ostiolatus* (Eifel); *S. verneuili* (Sahara espagnol); *S. verneuili*, *Tropidoleptus carinatus*, *Camarotoechia ferquensis* (Adrar).

Mucrospirifer diluvianus (STEININGER, 1853)

Pl. XXXIX, fig. 10

Niveau 80

L'espèce du Zemmour a été figurée par G. et H. TERMIER (1950, Pl. CII, fig. 6-12).

Répartition géographique : Eifel, Fegaguira, Adrar mauritanien.

Extension verticale : *Couvinien et Givetien inférieur*.

Couvinien supérieur de l'Eifel (Ahrdorfer Schichten, anciennement Gondelsheimer Schichten); Couvinien supérieur et Givetien inférieur (dépassé la zone à *Werneroceras crispiforme*) du bord sud du synclinal de Tindouf et du Menakeb; limite Couvinien supérieur-Givetien inférieur dans l'Adrar.

Associations : *Spirifer speciosus speciosus* (Bou Bernous); *Chonetes lepidus* (Adrar maure).

Reticularia sp. e. g. aviceps (KAYSER, 1871)

Pl. XLII, fig. 12

Niveaux 80, 81 et 88

L'espèce du Zemmour a déjà été figurée par H. et G. TERMIER (1950, Pl. CXII, fig. 4 à 7), sans position stratigraphique précise.

Répartition géographique : Ardenne, Rhénanie, Pologne, Zemmour.

Extension verticale : *Emsien supérieur et Couvinien*, d'après D. LE MAITRE (1952a, p. 128). *Totalité du Dévonien moyen*, d'après H. et G. TERMIER (1950, II, p. 86). Assise de Couvin à Calcéoles (Co2 de l'Ardenne belge = Couvinien supérieur).

Eoreticularia curvata (SCHLOTHEIM, 1820)

Pl. XXXIX, fig. 7

Niveau 80

Répartition géographique : très large. Europe : Angleterre, Ardenne, Eifel, U.R.S.S.; Asie : Birmanie, Annam; Afrique : Saoura, Maroc présaharien, synclinal de Tindouf, Tiguelguemine. Signalée au Sahara mauritanien, sans précision de localité, par J. COTTREAU (1940, p. 198).

Extension verticale : *Emsien supérieur à Couvinien*.

D'après D. LE MAITRE (1952a, p. 128), dans l'Ardenne, cette espèce débute à l'Emsien supérieur, a son abondance maxima dans l'assise de Bure (Couvinien inférieur) et devient rare dans le Couvinien supérieur. En Afrique, base du Couvinien du Dra, Couvinien inférieur de la Saoura, Couvinien supérieur du synclinal de Tindouf. Couvinien de l'Annam.

Associations : *P. cultrijugatus*, *Uncinulus lodanensis*, *U. orbignyianus* (Ardenne, plaines du Dra, Saoura); *Spirifer speciosus* (Tindouf); *Reticularia aviceps* (Ardenne, Rhénanie).

Ambocoelia umbonata (CONRAD, 1842)

Pl. XLIV, fig. 5 et 6 Niveaux 80,
81 et 82

Répartition géographique : Ouest de la France; U.S.A.; Annam; Mouydir, Tafilalet.

Extension verticale : *Emsien à Frasnien*.

Aux U.S.A., Marcellus shales, Hamilton group et peut-être Frasnien inférieur. Calcaire d'Erbray (Emsien); schistes couviniens de Porsguen (Bretagne); Frasnien de l'Annam; (la détermination de l'espèce signalée dans le Ludlow supérieur de Liévin est contestée). En Afrique, Couvinien du Tafilalet, à Ouihalane, au-dessus de couches à Calcéoles; Frasnien du Mouydir.

Associations : *Sp. verneuli*, *Productella subaculeata* (Mouydir); *Douvillina interstitialis*, *Atrypa prisca*, au-dessus des Calcéoles (Ouihalane).

« Delthyris » macrorhynchus (SCHNUR, 1853)

Pl. XXXIX, fig. 6 Niveaux 80 et 84

Répartition géographique : Allemagne, Saoura.

Extension verticale : *Couvinien et Givetien inférieur*.

Calcaire à Calcéoles et Crinoiden Schichten de l'Eifel; Couvinien inférieur de l'Erg Djemel (région d'Ougarta). Déjà signalé au Sahara occidental, sans précision de localité, par J. COTTREAU (1940, p. 198); mais D. LE MAITRE (1944, p. 54-56) conteste la détermination. Dans le synclinal de Tindouf, P. GEVIN (1958) signale à la limite du Couvinien et du Givetien, *D. falco* (BARR.), espèce très voisine, habituellement coblencienne.

Associations : faune de l'Erg Djemel (D. LE MAITRE, 1952a, p. 15).

Athyris spiriferoides EATON, 1831

Pl. XXXIX, fig. 16 Niveaux 80,
81, 87 et 88

Répartition géographique : Est des U.S.A., Adrar mauritanien.

Extension verticale : *Emsien supérieur et Dévonien moyen*.

Aux U.S.A., apparaît dans le Corniferous limestone et est abondante dans le Hamilton group.

Associations : *Spirifer speciosus* (Adrar).

Kayseria lens (PHILLIPS, 1841)

Pl. XXXIX, fig. 12 Niveau 80

Répartition géographique : Grande-Bretagne, Ardenne.

Extension verticale : *Couvinien (et Givetien ?)*.

Assise de Couvin à Calcéoles (Co2) (Couvinien inférieur de l'Ardenne belge).

Plectospira longirostris (KAYSER, 1871)

Pl. XLII, fig. 14 Niveaux 80 et 81

Extension verticale : *Dévonien moyen*.

Nucleospira sp. e. g. concinna (HALL, 1843)

Niveaux 80 et 81

Extension verticale : très large. Coblencien à Frasnien.

Uncinulus aff. signatus (SCHNUR, 1853)

Niveau 80

Extension verticale : *Couvinien supérieur à Givetien inférieur*.**Uncinulus parallelepipedus** (BRONN, 1837)Pl. XLII, fig. 7 Niveaux 80, 81, 86, 87,
88 et 90

Répartition géographique : Bretagne, Anjou, Ardenne, Vosges, Eifel, Espagne, Pologne, Bohême, Alpes Carniques; Turkestan, Chine; synclinal de Tindouf, Bir Ould Brini.

Extension verticale : *Couvinien et Givetien*.Calcaire de Chaudefonds (Emsien supérieur - Couvinien inférieur); assise de Couvin (Co2), dite à *Calceola sandalina* et *Uncinulus parallelepipedus* (Couvinien supérieur); calcaire de Waldgirmes (Allemagne); Givetien de Schmirneck (Vosges); couches de Benešov (Dévonien moyen de Bohême); Couvinien supérieur et Givetien inférieur du synclinal de Tindouf; Givetien de Bir Ould Brini (Tanezrouft).Associations : *Calceola sandalina* (Ardenne, Eifel, Anjou); *Stringocephalus burtini*, *Productella subaculeata* (Vosges); *Acrospirifer speciosus speciosus*, *Eoreticularia curvata*, *Calceola sandalina* (synclinal de Tindouf).**Uncinulus aff. goldfussi** (SCHNUR, 1853)

Niveau 80

Répartition géographique : Ardenne, Eifel; Bou Bernous, Adrar mauritanien.

Extension verticale : *Couvinien à Givetien inférieur*.Couvinien inférieur de Bou Bernous; Couvinien supérieur de l'Ardenne et de l'Allemagne; Couvinien supérieur de l'Adrar maure (zone à *Sp. ostiolatus*); Givetien inférieur d'Allemagne.Associations : *Sp. speciosus intermedius*, *Dalmanella opercularis*, *Septalaria subtetragona*, sous le niveau à *Sp. speciosus speciosus* (Couvinien inférieur de Bou Bernous); *H. pauciradiatum*, *D. opercularis*, *Sp. speciosus speciosus*, *Sp. speciosus intermedius*, *Sp. elegans*, *Sp. ostiolatus*, *A. spiriferoides* (Couvinien supérieur de Dhlâïet el Ateuch).**Pugnax pugnoides var. latus** SCHMIDT, 1941

Niveaux 80 et 81

Extension verticale : *Couvinien supérieur à Givetien inférieur*.

Givetien de Bou Bernous (B.R.P., 1956, p. 25).

Septalaria sp. e. g. subtetragona (SCHNUR, 1853)

Niveaux 80, 81 et 82

Répartition géographique : Ardenne, Eifel, Menakeb.

Extension verticale : *Couvinien et Givetien*.

Couvinien inférieur de Bou Bernous (Menakeb); Couvinien supérieur de Khellil (Nord de l'Ougnat, Maroc oriental); Givetien de l'Ardenne.

Association : *Spirifer speciosus intermedius*, *Dalmanella opercularis* et *Uncinulus goldfussi* (Bou Bernous).**Camarotoechia sp. e. g. betterbergiana** Herta SCHMIDT, 1950

Pl. XXXIX, fig. 11 et Pl. XL, fig. 2

Niveau 80

Cette espèce est connue en Allemagne dans les Gondelsheimer Schichten (Couvinien supérieur).

Atrypa aspera (SCHLOTHEIM, 1813)Pl. L, fig. 7 Niveaux 80, 87,
88 et 90

Cette espèce a été signalée par J. COTTREAU (1940, p. 197) au Sahara occidental et mauritanien, sans précision de localité.

Répartition géographique : (très large) Angleterre, Anjou, Eifel; Afghanistan, Himalaya, Yunnan, Annam, Laos; Oued Dra, synclinal de Tindouf, Sahara espagnol.

Extension verticale : *Dévonien*, abondante au *Dévonien moyen*.

Dévonien moyen de Grande-Bretagne, du Yunnan; Couvinien inférieur de Chaudefonds (Anjou); Couvinien de l'Annam; Siegenien supérieur ou Emsien inférieur du SW du Dra (H. HOLLARD, 1958); base du Givetien de Bou Bernous.

Associations : *Stringocephalus burtini*, *Cystiphyllum vesiculosum* (Asie centrale : Tien-Chan; Yunnan); *Calceola sandalina*, *Pugnax pugnoides*, *Heliophyllum halli* (synclinal de Tindouf).

Platyorthis sp. e. g. **opercularis** (DE VERNEUIL, 1845)

Niveau 80

Répartition géographique : Bretagne, Ardenne, Rhénanie, Asie Mineure.

Extension verticale : *Dévonien moyen*.

Couvinien inférieur de l'Erg Djemel (Ougarta), où l'espèce est rare. Schistes de Liré (Couvinien de la Loire-Maritime).

Associations : *Pholidostrophia lepis*, *Receptaculites neptuni* et *Schuchertella umbracula* (schistes de Liré).

Stropheodonta (Brachyprion) sp. e. g. **phillipsii** (BARRANDE, 1848)

Niveaux 80, 81, 82 et 85

Extension verticale : *Coblencien* et *Couvinien*, avec un maximum d'abondance dans le Couvinien inférieur.

Stropheodonta sp. e. g. **demissa** (CONRAD, 1842)

Pl. XXXIX, fig. 15

Niveau 80

Extension verticale : *Dévonien moyen*.

Pholidostrophia sp. e. g. **nacreata** (HALL, 1857)

Niveaux 80 et 81

Extension verticale : *Dévonien moyen*.

Chonetes minutus (GOLDFUSS, 1836)

Pl. XLIX, fig. 9 Niveaux 80, 81,
87 et 88

Extension verticale : *Dévonien moyen*.

Espèce peu connue en Afrique. Signalée par M. ALIA MEDINA (1949a) au Nord de la Dala Bensaca (Dévonien moyen du Sahara espagnol, au-dessus des argiles à Calcéoles). Un cf. *Chonetes minutus* est indiqué dans le Couvinien de l'Adrar maure par D. LE MAITRE, 1952c, Pl. B). K. TORLEY (1934) signale l'espèce dans le Givetien.

Productella subaculeata (MURCHISON, 1840)

Pl. XLIV, fig. 9 Niveaux 80, 81, 84 et 85

L'espèce du Zemmour figurée par H. et G. TERMIER (1950, Pl. LXXXVII, fig. 1-6), provient vraisemblablement des marnes à Calcéoles (niveaux 82-86).

Répartition géographique : (très grande), Devonshire, Finistère, Loire-Maritime, Boulonnais, Ardenne, Vosges, Massif Central, Allemagne, U.R.S.S.; Turkestan, Chine; U.S.A., Canada.

Extension verticale : *Couvinien* à *Strunien*.

Couvinien : calcaires de Pont-Maillet et de Chaudefonds, schistes de Porsguen, calcschistes de Daddy-hole. *Givetien* : Ardenne, Vosges, Zemmour. *Frasnien* : calcaire de Chudleigh (Devonshire), calcaire de Cop-Choux, Ardenne, calcaire de Ferques (Boulonnais), calcaire de Diou et Gilly (Massif Central); Sze-Tchouan (Chine). *Famennien* : Etat de New-York; assise de Mariembourg (Belgique).

L'espèce est bien connue en Afrique : base du Couvinien (Tassili Oua N'Ahaggar); Dala Bensaca, au-dessus des argiles à Calcéoles (Sahara espagnol); Givetien de l'Azzel Matti; Frasnien du Mouydir; Frasnien supérieur de Bou Bernous; Strunien de la Chaouïa sud. Au Zemmour, du niveau 80 au niveau 85.

Phacops (Phacops) schlotheimi BRONN, 1825

Pl. XXXIX, fig. 1

Niveaux 80 et 81

Répartition géographique : Belgique, Eifel, Pyrénées orientales; région d'Ougarta.

Extension verticale : *Mésodévonien, surtout Couvinien.*

Base des Gondelsheimerschichten de l'Eifel (Couvinien); Couvinien des calcaires à Polypiers siliceux du synclinal de Villefranche-de-Conflent (Pyrénées orientales); Couvinien inférieur de l'Erg Djemel.

Associations : faune du banc à *P. cultrijugatus* de l'Erg Djemel (D. LE MAITRE, 1952a, p. 15), dont *H. pauciradiatim*, *S. bohémica barrandei*, *T. djemellense*, *A. speciosus speciosus*.**Phacops (Phacops) fecundus degener** BARRANDE, 1852

Pl. XLI, fig. 5

Niveaux 80 et 81

Répartition géographique : Harz, Pyrénées orientales, Bohême, Oural; Maïder, Tafilalet.

Extension verticale : *Emsien et Mésodévonien.*Dans le Harz, Eodévonien supérieur et Mésodévonien inférieur; calcaires à Polypiers siliceux du Couvinien du synclinal de Villefranche-de-Conflent (Pyrénées orientales); en Bohême, étages G₂ et G₃ de BARRANDE, et calcaires de Chýnice (Dévonien inférieur); dans l'Oural, calcaires et schistes de la Loswa (Coblencien supérieur); calcaire emsien de Bou Tcharafine (Tafilalet); Emsien inférieur d'Haci Remlia et du Maïder. D'après J. PILLET (1959, *in litt.*), existe surtout dans la partie moyenne et supérieure du Mésodévonien.Associations : dans le Maïder, se place au-dessous de *A. speciosus*, alors qu'au Zemmour il lui est associé.En général, il succède dans le temps à *Phacops fecundus major* (p. 362).**Proetus (Proetus) orbitatus** (BARRANDE, 1846)

Pl. XXXIX, fig. 2

Niveau 80

Répartition géographique : Massif armoricain, Harz, Bohême; région d'Ougarta (Sud-oranais).

Extension verticale : *Emsien - Couvinien.*F₃ de Bohême, Eodévonien supérieur du Harz et du Massif armoricain, Couvinien inférieur d'Ougarta (banc à *Sp. cultrijugatus*).

En résumé, dans le niveau 80, sur 48 espèces déterminées spécifiquement ou très voisines d'espèces connues, 17 existent dès l'Emsien inférieur, 21 dans l'Emsien supérieur, 42 dans le Couvinien inférieur, 47 dans le Couvinien supérieur, 39 dans le Givetien inférieur, 31 dans le Givetien supérieur et 13 seulement sont encore connues dans le Frasnien. Une douzaine de ces espèces ont une très large répartition verticale. Si l'on ne tient pas compte de ces espèces banales, il reste 30 espèces connues dans le Couvinien inférieur, 34 dans le Couvinien supérieur, 27 dans le Givetien inférieur et 19 dans le Givetien supérieur (fig. 75).

Le seul fossile mentionné qui ne soit pas jusqu'ici connu dans le Couvinien supérieur est *Triplophyllum djemellense*, fossile décrit pour la première fois par D. LE MAITRE (1952a) dans le Couvinien inférieur de la région d'Ougarta. Ce fossile n'ayant pas encore été signalé ailleurs, il n'est pas surprenant que son extension verticale soit plus grande que celle qu'on lui connaît dans le Sud-oranais.

On peut donc conclure que les premiers bancs des marno-calcaires (niveau 80) appartiennent au Couvinien supérieur. Les associations que nous avons citées lors de l'étude des répartitions verticales des fossiles confirment cette interprétation. Parmi les fossiles les plus représentatifs du niveau 80, nous retiendrons *Acrospirifer speciosus speciosus* et *Scoliophyllum lamellosum* qui, à l'échelle locale, ne sont pour l'instant connus que dans ce seul niveau, dont *Paraspirifer cultrijugatus* est toujours absent.

8° Faune des marno-calcaires à Werneroceras crispiforme (Niveau 81)

Les derniers bancs des marno-calcaires (niveau 81) ont livré en plusieurs points une faune qui a pu être séparée de celle des premiers bancs. Comme la précédente, cette faune est encore très riche en individus et en espèces, mais la répartition des groupes est un peu différente : les Brachio-

podes dominant toujours, accompagnés de Trilobites et de quelques Gastéropodes; mais les Coelentérés s'enrichissent en genres appartenant aux Tabulés et aux Stromatopores, alors que dans le niveau 80, il s'agit surtout de Tétracoralliaires. Les plus beaux gisements de Goniates ont été rencontrés à Aguel Nebka (p. 384) et au Sud de Bir Aïdiat (p. 402). L'association de faune est la suivante :

SPONGIAIRES : *Receptaculites* cf. *neptuni* DEFR., COELENTERES : *Microcyclus discus* MEEK et WORTHEN, *M.* cf. *intermedius* BASSLER, *Hadrophyllum* sp., *Syringaxon bohémica bohémica* (BARR.), *S. bohémica barrandei* PRANTL, *Barrandeophyllum bohemicum* PRANTL, « *Zaphrentis* » (*Triplophyllum*) cf. *guillieri* BARROIS, *Triplophyllum* sp. e. g. *djemellense* LE MAITRE, *Aulacophyllum* sp., *Helioophyllum halli* M. E. et H., *Acanthophyllum* cf. *gerolsteinense* WDK., *Lithophyllum* (*Zonophyllum*) cf. *divisum* WDK., *L.* (= *Zonophyllum*) sp. e. g. *septatum* WDK., ? *Glossophyllum* cf. *lateseptatum* WDK., *Caliopora chouberti* (H. et G. TERMIER), « *Caliopora* » sp. nov., *Holacanthopora gracilis* LE MAITRE, *Striatopora magna* LE MAITRE, *Roemeria* sp. ?, *Coenites* sp.; BRACHIOPODES : *Hysteroites elegans* (STEIN.), *H.* cf. *elegans* (STEIN.), *Spirifer* sp., *Cyrtina heteroclyta* (DEFR.), *Reticularia* sp. e. g. *aviceps* (KAYSER), *R.* sp. (non *aviceps*), *Eoreticularia* sp., *Ambocoelia* sp. e. g. *umbonata* (CONRAD), *A.* sp., « *Crurithyris* » sp. e. g. *inflata* (SCHNUR), *Meganteris* sp. ?, *Dielsma* sp., *Athyris* sp. e. g. *concentrica* (MURCH.), *A. spiriferoides* EATON, *A.* sp. e. g. *spiriferoides* EATON, *A.* sp. (plusieurs espèces), « *Meristella* » sp., *Plectospira longirostris* (KAYSER), *Nucleospira* sp. e. g. *concinna* (HALL), *Ucinulus parallelepipedus* (BRONN), *U.* sp. e. g. *parallelepipedus* (BRONN), *U.* cf. *pentagonus* (KAYSER), *U.* sp., *Pugnax pugnoides* (SCHNUR), *P. pugnoides* var. 1, *P. pugnoides* var. 2, *P. pugnoides* var. 3, *P. pugnoides latus* SCHMIDT, *P.* sp. e. g. *pugnoides* (SCHNUR), *Hypothyridina procuboides* (KAYSER), cf. *Septalaria subtetragona* (SCHNUR), *Camarotoechia* sp., *Isopoma brachypticta* (SCHNUR), *Dicamara prunulum* (SCHNUR), *Atrypa reticularis* (L.), *Leptaena rhomboidalis* (WILCK.), *Schizophoria* cf. *striatula* (SCHLOTH.) (forme large), *S.* aff. *striatula* (forme globuleuse), *Rhipidomella* sp. e. g. *vanuxemi* (HALL), « *Orthis* » sp. 1, « *O.* » sp. 2, *Isorthis* sp. e. g. *tetragona* (ROEMER), *I.* sp. ?, *Aulacella interlineata* (SOW.), *A.* sp. e. g. *interlineata* (SOW.), *A.* nov. sp., *Stropheodonta* (*Brachyprion*) sp. e. g. *phillipsii* (BARR.), *Pholidostrophia lepis* (BRONN), *P.* sp. e. g. *nacrea* (HALL), *Douvillina* sp. e. g. *interstitialis* (PHILL.), *Schuchertella* sp. e. g. *umbracula* (SCHLOTH.), *Chonetes* aff. *minutus* (GOLDF.), *Productella* sp. e. g. *navicella* (HALL), *P.* sp. e. g. *subaculeata* (MURCH.), *Gypidula chouberti* H. et G. TERMIER, *G.* sp. e. g. *galeata* (DALMAN), *G.* cf. *globus* (BRONN), *G.* sp. (formes jeunes), *Pentamerella* sp. ?, *Discinidae*; GASTEROPODES : *Ruedemannia* ? sp. et diverses espèces non déterminées; CEPHALOPODES : *Agoniatites costulatus* (D'ARCH. et DE VERN.), *A.* sp., *Anarcestes lateseptatus* var. *plebeia* (BARR.), *Werneroceras crispiforme* (KAYSER) [= *Anarcestes rouvillei* (VON KOENEN)], *Subanarcestes macrocephalus* (BEYRICH) emend. SCHINDEWOLF, *Foordites psittacinum* (WHIDBORNE), *Wedekindella* cf. *clarkei* (HOLZAPFEL), *Bactrites* sp., *Gomphoceras* sp., *Cyrtoceras* sp., « *Orthoceras* » sp.; TRILOBITES : *Phacops* (*Phacops*) *schlotheimi* BRONN, *P.* (*Phacops*) *fecundus degener* BARRANDE, *Asteropyge* (*Neometacanthus*) *stellifer* BURMEISTER, *Pseudocryphaeus* ? *mesocristata jacqueti* PILLET; CRINOIDES : *Cyathocrinites pinnatus* GOLDF.

***Receptaculites* cf. *neptuni* DEFRANCE, 1827**

Pl. XLI, fig. 4

Niveau 81

Répartition géographique : Massif armoricain, Boulonnais, Ardenne, Pyrénées; Menakeb.

Extension verticale : Couvinien à Frasnien.

Couvinien des schistes de Liré (Loire-Maritime) (J. PENEAU, 1932); Givetien à Calcéoles de Bou Bernous (Menakeb); Frasnien inférieur du Boulonnais (schistes de Beaulieu); Frasnien moyen de l'Ardenne (zone à *R. neptuni* et *Sp. bisinus*); Frasnien de Haute-Garonne. Des *Receptaculites* sp. sont signalés dans les Rehamna (H. et G. TERMIER, 1950, Pl. VII) et dans l'Emsien inférieur de la Saoura (D. LE MAITRE, 1952a, p. 29, Pl. XXI, fig. 54). Au Zemmour, ce Spongiaire est localement très caractéristique du niveau 81. Il est notamment abondant à Aguel Oudiate el Khyam.

Associations : *Gypidula brevirostris* (schistes de Beaulieu); *Calceola sandalina* (Bou Bernous).

***Microcyclus discus* MEEK et WORTHEN, 1868**

Pl. XLIII, fig. 1 et 2

Niveau 81

Répartition géographique : U.S.A. (Illinois); Afrique : Reggane, Fefaguira, synclinal de Tindouf; inconnu en Europe.

Extension verticale : *Couvinien supérieur et Givetien inférieur*.

Caractérise le Couvinien supérieur de l'Illinois; Couvinien supérieur à Givetien inférieur du synclinal de Tindouf; Couvinien supérieur probable de Fefaguira (Charouin).

Associations : *Spirifer diluvianus* (Fefaguira); *Hadrophyllum pauciradiatum*, *Chonetes lepidus*, *Sp. elegans* et *Sp. speciosus speciosus* (synclinal de Tindouf).

Microcyclus cf. intermedius BASSLER, 1937

Pl. XLIII, fig. 3

Niveau 81

Répartition géographique : U.S.A.; Espagne (Léon); Saoura, Reggane.

Extension verticale : *Emsien à Givetien inférieur*.

Coblencien (supérieur ?) du Léon; Couvinien de la Saoura (Haci Abd el Adhim) et de Reggane; Lower Hamilton shale de Virginie (Couvinien supérieur ou Givetien inférieur).

Syringaxon bohémica bohémica (BARRANDE)

Pl. XLIII, fig. 7

Niveau 81

Répartition géographique : Bohême, Saoura.

Extension verticale : *Dévonien inférieur et moyen*.

Calcaires de Chýnice (Dévonien inférieur) et couches de Daleje (Dévonien moyen) de Bohême. Couvinien d'Haci Abd el Adhim, dans la Saoura (D. LE MAITRE, 1952a, p. 17).

Associations : *S. bohémica barrandei*, *Microcyclus intermedius*, *Spirifer speciosus intermedius* (Saoura).

Barrandeophyllum bohemicum PRANTL, 1938

Pl. XLIII, fig. 6

Niveau 81

Répartition géographique : Bohême, Sud-marocain (Ouarkiz).

Extension verticale : *Dévonien inférieur et moyen*.

Gα3 et Gβ de Bohême; Dévonien moyen de l'Ouarkiz; Siegenien du Sud-marocain (d'après H. et G. TERMIER, 1950); Givetien de Bir ould Brini (B.R.P., 1956).

« **Zaphrentis** » (*Triplophyllum?*) sp. e. g. **guillieri** BARROIS, 1882

Pl. XLIII, fig. 11; Pl. XLV, fig. 4 et 5

Niveaux 81 et 84

Espèce signalée au Sahara occidental et mauritanien, sans précision de localité, par J. COTTREAU (1940).

Répartition géographique : Eifel, Asturies, Ahnet, Sahara occidental.

Extension verticale : *Dévonien moyen*.

Dévonien moyen de l'Eifel et des Asturies (niveaux à Calcéoles); Couvinien supérieur de l'Ahnet, sous le niveau à *P. jugleri*.

Remarque : cette espèce est très voisine de *T. djemellense* du Couvinien inférieur des environs d'Ougarta (D. LE MAITRE, 1952a, p. 53).

Lithophyllum cf. divisum WEDEKIND

Niveau 81

Extension verticale : *Givetien inférieur* (Allemagne, Arménie).

Glossophyllum cf. lateseptatum WEDEKIND

Pl. XLIII, fig. 13

Niveau 81

Extension verticale : *Couvinien* (Allemagne).

Caliapora chouberti (H. et G. TERMIER, 1948)

Pl. XLIII, fig. 17

Niveaux 81 et 82

Répartition géographique : connu uniquement dans le Nord de l'Afrique : Maroc (mine de Méfis, près de Taouz, Tafilalet; Hamar Laghdad), Ouarourout, « km 30 », Erg Djemel, El Kseïb.

Extension verticale : *Couvinien et Givetien*.

Couvinien inférieur de la Saoura; Couvinien supérieur d'Ouarourout; Givetien (?) du Tafilalet. D'après D. LE MAITRE (1952a, p. 70), son existence dans le Givetien est incertaine.

Associations : *Paraspirifer cultrijugatus* (Saoura); *Pinacites jugleri* (Ouarourout); *Wedekindella clarkei* et *Agoniatites costulatus* (Taouz).

Holacanthopora gracilis LE MAITRE, 1954

Pl. XLIII, fig. 18

Niveau 81

Répartition géographique : Saoura et région d'Ougarta.

Extension verticale : *Couvinien inférieur*.

Ce Tabulé n'est connu pour l'instant que dans le Couvinien inférieur de la Saoura et d'Ougarta (D. LE MAITRE, 1954, 1957). Son association au Zemmour avec *Werneroceras crispiforme* augmente donc son extension verticale vers le haut.

Striatopora magna LE MAITRE, 1952

Pl. XLIII, fig. 19 Niveaux 81 et 87

Répartition géographique : Saoura et région d'Ougarta; Foucauld (Maroc).

Extension verticale : *Emsien supérieur* à *Couvinien inférieur*.

L'existence de *S. magna* associé à *W. crispiforme* augmente l'extension verticale de cette espèce vers le haut. On retrouve d'ailleurs un *S. cf. magna* beaucoup plus haut, dans le niveau des calcaires à Polyptères inférieurs (87).

Associations : *Cambophyllum lamellosum*, *Michelinia convexa* (Emsien supérieur); *Anarcestes lateseptatus* (Couvinien inférieur).

« Crurithyris » sp. e. g. inflata (SCHNUR, 1853)

Niveaux 81 et 82

Répartition géographique : Ardenne, Boulonnais; Indochine.

Extension verticale : *Couvinien supérieur* à *Frasnien*.

Dans l'Ardenne, cette espèce existe dans l'assise de Couvin à *Calceola sandalina*, mais également dans le Frasnien. D. LE MAITRE et I. DEVOS (1961) la signalent dans le calcaire récifal de Blacourt (Boulonnais), que ces auteurs attribuent à la partie supérieure du Givetien (Gid). En Indochine, elle est associée à *Stringocephalus burtini* dans le Givetien.

Uncinulus cf. pentagonus (KAYSER, 1871)

Niveau 81

Extension verticale : *Couvinien supérieur* et *Givetien inférieur*.

Pugnax pugnoides (SCHNUR, 1853)

Pl. XLII, fig. 2 à 5

Niveau 81

Extension verticale : *Dévonien moyen*.

Zone à *Spirifer ostiolatus* de Rhénanie (Couvinien supérieur). Dévonien moyen de Tiguelguemine; partie terminale du Couvinien ou base du Givetien de Bou Bernous.

Associations : *Dicamara cf. prunulum*, *Gypidula globa*, *Calceola sandalina*, *Heliophyllum halli*, *Michelinia convexa* (Couvinien supérieur de Bou Bernous, P. GEVIN, 1960 [1958]).

Au Zemmour, notamment au Nord du brachysynclinal des Oudeï Askaf (gisement 2082), *P. pugnoides* est très abondante, sous forme de plusieurs variétés que nous avons figurées.

Hypothyridina procuboides (KAYSER, 1871)

Pl. XLII, fig. 8

Niveau 81

Répartition géographique : Massif armoricain, Ardenne, Eifel; Yunnan et Tonkin.

Extension verticale : *Dévonien moyen* (y compris le Givetien supérieur).

Calcaire de Chaudefonds (= de Valet) du Couvinien inférieur de l'Anjou; Couvinien de l'Ardenne; schistes à Calcéoles et surtout schistes à Crinoïdes de l'Eifel; calcaires de Gladbach, à Paffrath, près de Cologne (Givetien supérieur); Givetien du Yunnan, Couvinien supérieur ou limite Couvinien-Givetien du Tonkin (série de Pa-pei).

Associations : *Calceola sandalina*, *Stropheodonta interstitialis*, *Productella subaculeata*, *Gypidula globa*, *Atrypa aspera*, *Bronteus dormitzeri* (calcaire de Chaudefonds); *Maenioceras terebratum* et *Stringocephalus burtini* (Paffrath); *Stringocephalus burtini* (Yunnan).

Isopoma brachypticta (SCHNUR, 1853)

Pl. XLII, fig. 10 Niveau 81

Extension verticale : Couvinien supérieur et Givetien inférieur.

Dicamara prunulum (SCHNUR, 1853)

Pl. XLII, fig. 15 Niveau 81

Répartition géographique : Eifel; Maïder, Saoura, Bou Bernous, Tiguelguemine.

Extension verticale : Emsien et Dévonien moyen.

Dévonien moyen de l'Eifel et de Tiguelguemine; Couvinien inférieur d'Ougarta (Erg Djemel) et du Maïder; limite Couvinien-Givetien de Bou Bernous.

Associations : *Sp. speciosus*, *Uncinulus orbignyianus*, *Atrypa aspera* (Emsien du Djebel Issoumour, Maïder). Faune du Couvinien inférieur de l'Erg Djemel (Ougarta) (D. LE MAITRE, 1952a, p. 15) à *H. pauciradiatum*, etc. *Gypidula globa*, *P. pugnoides*, *C. sandalina*, *H. halli*, *Michelinia convexa* (limite Couvinien-Givetien de Bou Bernous).

Douvillina sp. e. g. interstitialis (PHILLIPS, 1841)

Niveau 81

Répartition géographique : Anjou, Ardenne, Pyrénées occidentales; Maroc central, Tafilalet, synclinal de Tindouf, Bou Bernous, Ahnet.

Extension verticale : Emsien, Dévonien moyen (et Frasnien?).

Couvinien inférieur de l'Anjou (calcaire de Chaudefonds); assise de Bure dans l'Ardenne, mais, d'après D. LE MAITRE (1947, p. 98), dans cette région l'espèce monterait peut-être jusque dans le Frasnien. En Afrique : calcaire à Brachiopodes du sommet du récif de Ouïhalane (Couvinien du Tafilalet); Couvinien inférieur du Maroc central (Sidi Rhezuani et anticlinorium de Khouribga-Oulmès); Couvinien inférieur de l'Ahnet. Dans la Saoura et la région d'Ougarta, des spécimens de grande taille sont connus dans l'Emsien supérieur (km 30, El Kseib) et des spécimens de petite taille dans le Couvinien inférieur (Erg Djemel). Couvinien supérieur à Givetien inférieur du synclinal de Tindouf et Givetien de Bou Bernous.

Associations : *Calceola sandalina*, *Isorthis trigeri*, *Productella subaculeata*, *Gypidula globa*, *Hypothyridina procuboides*, *Atrypa aspera*, *Phacops fecundus*, *Bronteus dormitzeri* (calcaire de Chaudefonds).

Productella sp. e. g. navicella (HALL, 1867)

Pl. XLIV, fig. 7 Niveaux 81, 82 et 83

Extension verticale : Dévonien moyen.

Gypidula chouberti G. et H. TERMIER, 1950

Pl. XLII, fig. 17 Niveaux 81, 82,
Pl. XLIV, fig. 1 à 3 83 et 84

Espèce du Zemmour, décrite par H. et G. TERMIER (1950, II, p. 67, Pl. XCIII, fig. 31-33) et située par ces auteurs dans le Couvinien. On la trouve plus précisément associée à *Werneroceras crispiforme* (niveau 81) et surtout un peu au-dessus, à la base des marnes à Calcéoles (niveau 83). Si l'on tient compte de la valeur chronologique que l'on confère habituellement à cette Goniatile, *Gypidula chouberti* est donc un fossile qui n'est connu pour l'instant que dans le Givetien inférieur. L'espèce est particulièrement abondante à Aguelte Oudiate el Khyam. Elle n'a pas encore été signalée en dehors du Zemmour.

Agoniatites costulatus (D'ARCHIAC et DE VERNEUIL, 1842)

Pl. XL, fig. 5 Niveau 81

Répartition géographique : Allemagne; Nord de l'Afrique : Maroc central, Tafilalet, Saoura, plaine du Dra, Zemmour; Etats-Unis (*A. vanuxemi* HALL, 1879, espèce synonyme d'après G. PETTER, 1959).

Extension verticale : *Couvinien supérieur et Givetien*.

Mine de fer de Brilon (Westphalie); Givetien supérieur de Martenberg (d'après R. WEDEKIND); Givetien de Bou Tcharafine (Tafilalet); Givetien supérieur de la Saoura; Couvinien supérieur du Dra (Sud d'Akka); Givetien inférieur de l'anticlinal du Zemmoul.

Associations : *P. jugleri* (Dra); *W. rouvillei* (Zemmoul); *Maenioceras terebratum*, *Wedekindella brilonense* (Saoura).

Agoniatites sp.

Pl. XL, fig. 9 et 10 Niveau 81

Bien que M^{me} G. PETTER n'ait pu donner une détermination spécifique de cette Goniatile, nous la citons ici, car elle est particulièrement abondante au Zemmoul dans le niveau 81, où elle peut atteindre une très grande taille (30 cm). On la retrouve également au Sahara espagnol et sur le bord sud du synclinal de Tindouf.

Anarcestes lateseptatus (BEYRICH, 1837) var. **plebeia** (BARRANDE, 1865)

Pl. XL, fig. 12; Pl. XLI, fig. 1 et 2

Niveau 81

Répartition géographique : Allemagne, Bohême centrale, Sibérie (Altai); Maroc central, Maïder, Tafilalet, Anti-Atlas, Saoura.

Extension verticale : *Emsien - Couvinien - Givetien inférieur*.

Base du Dévonien moyen d'Allemagne : zone à *A. subnautilus* dans les schistes de Wissenbach (Hesse et Nassau); Emsien et Couvinien de Bohême : calcaires de Chýnice (Dévonien inférieur), calcaires noduleux de Hlubočepy (G 3 = Couvinien), couches de Třebotov (base du Hlubočepy); Coblencien à *Athyris undata* de l'Altai.

En Afrique : Couvinien inférieur de Sidi Sebâa (Maroc central); Couvinien à *Anarcestes subnautilus* du Maïder (Jebel Issoumour); Couvinien de Bou Tcharafine (Tafilalet), sous le niveau à *Pinacites jugleri*; Couvinien (très abondant) et Givetien inférieur (plus rare) de la Saoura et d'Ougarta; dans l'Anti-Atlas, entre le Mersakhsaï et l'Oued Dra, associé à *Subanarcestes macrocephalus* (Couvinien, et d'après H. HOLLARD (1958), dès le toit de l'Emsien).

Associations : *A. undata* (Sibérie); *A. subnautilus* (Maïder); *S. macrocephalus* (Dra); *P. jugleri*, *A. costulatus* (Saoura); *W. crispiforme* (Ougarta); *Agoniatites occultus*, *Anarcestes lateseptatus* var. *applanata* (Couvinien : Saoura, Marhouma).

Werneroceras crispiforme (KAYSER, 1879)

[synonyme de *Anarcestes rouvillei* (VON KOENEN, 1886)]

Pl. XL, fig. 6 à 8

Niveau 81

L'espèce a été signalée au Zemmoul pour la première fois, à 25 km à l'ENE de la Guelta du Zemmoul, par N. MENCHIKOFF (1935), dans des récoltes du colonel BOUTEL.

Répartition géographique : Allemagne; Nord de l'Afrique : Tafilalet, anticlinal du Zemmoul, Sud de l'Erg Djemel (Ougarta), SW de Beni Abbès, Touat, bord sud du synclinal de Tindouf, Zemmoul.

Extension verticale : *Givetien inférieur*.

D'après RICHTER (1950) et G. PETTER (1959, p. 104), l'origine du type, en Allemagne, n'est pas connue, mais il appartiendrait au Givetien inférieur. R. WEDEKIND pour l'Allemagne et G. PETTER pour le Sud-oranais, considèrent cette espèce comme caractéristique du Givetien inférieur. Le Lexique stratigraphique (vol. I, 5b, pp. 309, 329, 330) situe également cette espèce à la base du Givetien, dans les Odershäuser Schichten. D'après G. PETTER, sur le bord sud de l'Erg Djemel cette Goniatile est « strictement localisée entre l'Eifélien supérieur à *P. jugleri* et le Givetien supérieur à *M. terebratum* », c'est-à-dire dans une position identique à celle qu'on lui connaît en Allemagne. Au Tafilalet, *W. crispiforme* est également connu dans le Givetien inférieur (Derkaoua, Bou Tcharafine). Dans l'anticlinal du Zemmoul, on le trouve dans une position analogue, associé à *Agoniatites costulatus*, ainsi que sur le bord sud du synclinal de Tindouf, mais associé à *T. simplex*.

Associations : *Wedekindella inversa*, *Maenioceras undulatum* (Odershäuser Schichten du Wennetal); *Maenioceras*, et au-dessus de *S. macrocephalus* et *P. jugleri* (Derkaoua, près d'Erfoud, Tafilalet); *Tornoceras simplex*, *Werneroceras ruppachense*, *Acrospirifer speciosus*, *Calceola sandalina*, *Hadrophyllum* et *Microcyclus* (synclinal de Tindouf); *Agoniatites costulatus* (Zemmoul).

Subanarcestes macrocephalus (BEYRICH) emend. SCHINDEWOLF, 1933

Pl. XL, fig. 11

Niveau 81

Répartition géographique : Allemagne; Afrique du Nord : Tafilalet (Bou Tcharafine), Saoura et Ougarta, Anti-Atlas occidental.

Extension verticale : *Couvinien et Givetien inférieur*.

En Allemagne, Unteres Mitteldevon, d'après O.-H. SCHINDEWOLF (1933). En Afrique : Couvinien supérieur du Tafilalet, dans la zone à *P. jugleri*; Couvinien du Dra, Couvinien supérieur et Givetien inférieur du bord sud de l'Erg Djemel (Ougarta) et de la vallée de la Saoura. G. PETER (1959, p. 107) a démontré que cette Goniatile, que l'on considérait comme uniquement couvinienne, existait encore dans le Givetien inférieur.

Associations : *Foordites* sp. et *P. jugleri* (Tafilalet); *A. plebeius* et *Agoniatites vanuxemi* (Dra).

Foordites psittacinum (WHIDBORNE, 1889)

Pl. XL, fig. 4

Niveau 81

Répartition géographique : Allemagne; Saoura (rare).

Extension verticale : *Givetien*.

Givetien inférieur de Wildungen et Givetien supérieur de Finnentrop (Allemagne). Givetien inférieur de l'Erg Djemel (Ougarta), Givetien supérieur de la Saoura.

Associations : *Werneroceras rouvillei* (Ougarta); *Maenioceras terebratum* (Saoura).

Wedekindella cf. clarkei (HOLZAPFEL, 1895)

Pl. XL, fig. 3

Niveau 81

Répartition géographique : Allemagne; Tafilalet, Zeghamra (NW d'Ougarta).

Extension verticale : *Givetien*.

Schistes à *Maenioceras* de Martenberg (Givetien supérieur); Givetien inférieur de Hachguig (Tafilalet); Givetien supérieur de Zeghamra à *Maenioceras*.

Associations : *Agoniatites costulatus*, *Caliapora chouberti* (Taouz).

Asteropyge (Neometacanthus) stellifer BURMEISTER, 1843

Pl. XLI, fig. 7; Pl. XLVIII, fig. 15;

Pl. XLIX, fig. 1

Niveaux 81 et 88

Répartition géographique : Massif armoricain, Eifel, Espagne, Portugal; Birmanie (Padaukpin).

Extension verticale : *Dévonien moyen, surtout Couvinien*.

En Birmanie ce serait une espèce du Dévonien moyen. En Europe c'est plus précisément une espèce du Couvinien.

Pseudocryphaeus ? mesocristata (LE MAITRE, 1952) var. *jacqueti* PILLET, 1961

Pl. XLI, fig. 6

Niveau 81

Cette sous-espèce nouvelle, décrite par ailleurs par J. PILLET (1961), est voisine de *Asteropyge mesocristata* LE MAITRE connue pour l'instant sur le bord nord-est de l'Erg Djemel (Ougarta), dans le Couvinien inférieur.

L'interprétation de la faune du niveau 81 est assez délicate. Le tableau n° 31 groupe tous les renseignements précédemment exposés. Il indique pour chaque groupe ou classe la répartition verticale, en dehors du Zemmour, des espèces relevées. Ce tableau montre que les différents groupes donnent des résultats discordants (voir également la fig. 75).

Les Goniatites donnent un âge nettement givetien inférieur. Les Trilobites n'apportent aucune précision, car il s'agit d'espèces connues dans tout le Dévonien moyen, et *P. mesocristata* est une sous-espèce nouvelle, différente de celle signalée par D. LE MAITRE dans le Couvinien inférieur de la Saoura.

Les Brachiopodes indiquent plutôt une prédominance des espèces du Couvinien supérieur, trois espèces n'étant jusqu'ici pas encore signalées dans le Givetien inférieur. Mais on retrouve ici un

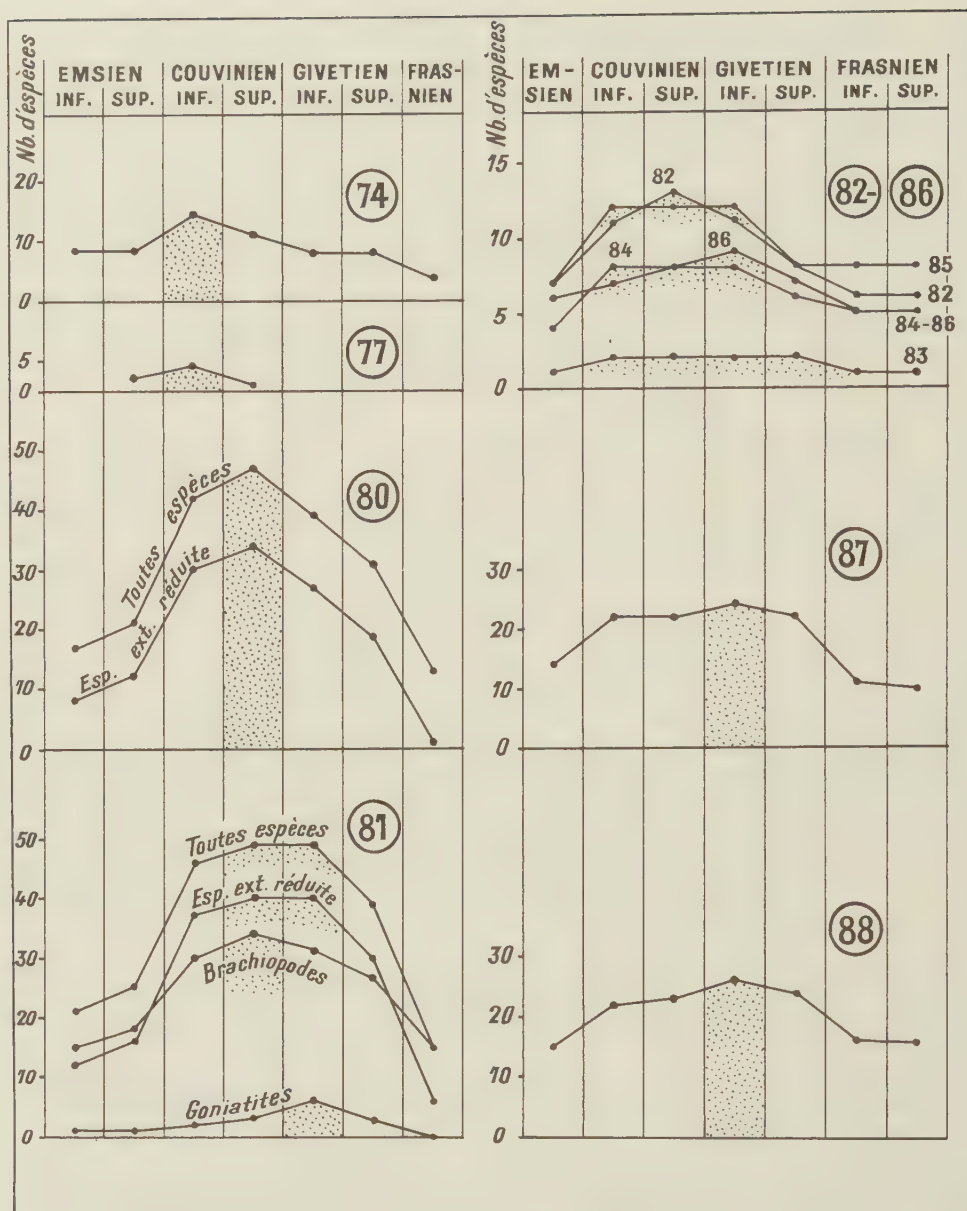


FIGURE 75. — Extension verticale mondiale des espèces de différents niveaux du Dévonien moyen du Zemmour

certain nombre d'espèces, surtout des Rhynchonelles, décrites par J. SCHNUR (1853) dans l'Eifel, à la limite du Couvinien et du Givetien.

Les Polypiers montrent une prédominance d'espèces du Couvinien inférieur. Ceci s'explique facilement. On retrouve en effet au Zemmour des espèces définies par D. LE MAITRE dans le Couvinien inférieur et dont l'extension verticale n'est connue que dans la Saoura et la région d'Ougarta. Or, dans cette région, les faciès subrécifaux disparaissent avant le Givetien, pour laisser la place aux faciès à *Goniatites*. Au Zemmour les faciès subrécifaux et récifaux n'existent pas dans les zones à *P. cultrijugatus*; ils n'apparaissent que plus tard.

	EMSIEN		COUVINIEN		GIVETIEN		FRASNIEN	
	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.
GONIATITES	1	1	2	3	6	3	0	0
TRILOBITES	1	1	3	3	3	3	0	0
BRACHIOPODES	15	18	30	34	31	27	15	15
POLYPIERS	4	5	12	10	10	6	0	0
Total	21	25	47	50	50	39	15	15
Total (moins 9 espèces à grande extension)	12	16	38	41	41	30	6	6

TABLEAU n° 31
Répartition dans le monde des espèces du niveau 81 à *W. crispiforme*

La présence de *Werneroceras crispiforme* (= *Anarcestes rouvillei*) dans le niveau 81 peut faire pencher la balance en faveur d'un âge givetien inférieur. R. RICHTER (1950) et G. PETTER (1959) considèrent cette espèce comme particulièrement caractéristique de la base du Givetien en Allemagne et dans la Saoura. Toutefois les Goniatites mésodévonienues ne sont pas encore connues en suffisamment de points du globe pour que l'on puisse être sûr de leur extension verticale définitive.

Nous admettons que la partie supérieure des marno-calcaires à *Phacops fecundus* (niveau 81) représente la limite du Couvinien supérieur et du Givetien inférieur, ou l'extrême base du Givetien, tout en signalant que ce point de vue ne peut être, malgré l'abondance de la faune, considéré comme absolument définitif.

9° Faune des marnes vertes à *Calceola sandalina* (Niveaux 82 à 86)

Ces marnes ne donnant généralement pas de bons affleurements, on trouve les gisements fossilifères étalés sur le sol et les faunes peuvent présenter des mélanges. C'est pourquoi les divisions qui ont été faites dans ces marnes (niveaux 82 à 86) présentent un certain degré d'imprécision et ne sont que le résultat statistique de récoltes de faunes qui ne sont pas toutes en place. Les faunes de ces niveaux comportent surtout des espèces banales, parmi lesquelles abondent notamment *Leptaena rhomboidalis* et *Atrypa reticularis*. On n'y rencontre pratiquement que des Brachiopodes et des Polypiers, plus parfois quelques Crinoïdes. La faune relevée est la suivante :

Niveau 82 : Marnes à faune naine à *Productella* sp. e.g. *navicella*.

COELENTERES : *Syringaxon* cf. *bohémica barrandei* PRANTL, *Streptelasma* (= *Stereolasma*) sp., *Diphyphyllum symmetricum* FRECH, *Caliapora* cf. *chouberti* (G. et H. TERMIER), « *Caliapora* » nov. sp., *Syringopora* sp. e.g. *eifeliensis* SCH., *Aulopora* sp.; BRACHIOPODES : *Hysterolites elegans* (STEIN.), *Ambocoelia umbonata* (CONRAD), *A. umbonata* var., *A. sp.*, « *Crurithyris* » sp. e.g. *inflata* (SCHNUR), cf. *Septalaria subtetragona* (SCHNUR), *Atrypa reticularis* (L.) (formes naines), *A. reticularis* (formes tendant vers *A. aspera* SCHLOTH.), *Leptaena rhomboidalis* (WILCK.) (forme naine), *Aulacella* sp. e.g. *interlineata* (SOW.), *Fascicostella* nov. sp., *Stropheodonta* (*Brachyprion* ?) sp. e.g. *philipsii* (BARR.), *Schuchertella* sp. e.g. *umbracula* (SCHLOTH.), *Strophomena* (*Strophonella* ?) *anaglyphica* KAYSER, *Productella* sp. e.g. *navicella* (HALL), *P. sp.* e.g. *navicella* var., *Gypidula chouberti* G. et H. TERMIER; CRINOÏDES : espèces indéterminées.

Niveau 83 : Marnes à *Gypidula chouberti*.

Ces marnes affleurent dans la région d'Aguelte Oudiate el Khyam et de Tighirt. Il est difficile de préciser leur position relative par rapport au niveau 82. Elles contiennent notamment : BRA-

CHIOPODES : *Atrypa reticularis* (L.), *Productella* sp. e.g. *navicella* (HALL), *Gypidula chouberti* G. et H. TERMIER, G. sp. (Pl. XLIV, fig. 4).

Niveau 84 : Marnes à *Calceola sandalina* (forme naine).

Les premières Calcéoles qui apparaissent dans les marnes à Calcéoles *sensu lato* sont de taille réduite (Pl. XLV, fig. 1b). Elles font partie de la faune suivante : COELENTERES : *Aulopora serpens* GOLD., « *Zaphrentis* » (*Triplophyllum* ?) sp. e.g. *guillieri* BARROIS, *Calceola sandalina* L. var. *lata* RICHTER ($\alpha = 70^\circ$) (forme de petite taille); BRACHIOPODES : « *Delthyris* » sp. e.g. *macrorhynchus* (SCHNUR), *Atrypa reticularis* (L.), *Leptaena rhomboidalis* (WILCK.), *Schizophoria* aff. *striatula* (SCHLOTH.), *Productella* sp. e.g. *subaculeata* (MURCH.), *Gypidula chouberti* G. et H. TERMIER (rare).

Niveau 85 : Marnes à *Calceola sandalina* *sensu stricto*.

C'est dans la partie moyenne des marnes à Calcéoles que l'on rencontre les niveaux particulièrement riches en Calcéoles magnifiquement conservées, parmi la faune suivante : COELENTERES : *Triplophyllum* cf. *djemellense* LE MAITRE, *Aulacophyllum princeps* HALL, *Procteria granulifera* (SCHLÜTER), *Roemeria* ?, *Aulopora serpens* GOLDF., *Calceola sandalina* L. var. *lata* RICHTER (taille moyenne, $\alpha = 70^\circ$), *C. sandalina* var. *alta* RICHTER ($\alpha = 45^\circ$), *C. sandalina* var. *exaltata* GOLDF.; BRACHIOPODES : *Atrypa reticularis* (L.), *A. cf. semi-orbis* BARR., *Leptaena rhomboidalis* (WILCK.), *Schizophoria striatula* (SCHLOTH.), *Aulacella interlineata* (SOW.), *A. sp. e.g. interlineata* (SOW.), *Stropheodonta* (*Brachyprion*) sp. e.g. *phillipsii* (BARR.), cf. *Schuchertella umbracula* (SCHLOTH.), *Productella* sp. e.g. *subaculeata* (MURCH.), *Philhedra* sp. e.g. *crenistriata* (HALL). Les Polypiers autres que les Calcéoles se trouvent surtout concentrés dans certains bancs plus calcaires (faciès 85 bis).

Niveau 86 : Marnes à *Glossostrophia caudata*.

Vers le haut des marnes à Calcéoles, on relève une faune légèrement différente, visible notamment au SW d'Aguel Nebka et au Nord du brachysynclinal des Oudeï Askaf. Cette faune comprend : COELENTERES : *Aulacophyllum jacqueti* LE MAITRE, *Siphonophrentis torta* HALL, *Disphyllum goldfussi* GEINITZ, *Favosites* sp. e.g. *goldfussi* D'ORB., *F. sp.*, *Calceola sandalina* L. var. *lata* RICHTER ($\alpha = 65-70^\circ$); BRACHIOPODES : *Cyrtina heteroclyta* (DEFR.), *C. heteroclyta* var., *Athyris concentrica* (MURCH.), *Uncinulus parallelepipedus* (BRONN), *Atrypa reticularis* (L.), *Leptaena rhomboidalis* (WILCK.) (grande taille), *Schizophoria striatula* (SCHLOTH.), *Rhipidomella* sp. ?, *Isorthis* sp. ?, *Stropheodonta* sp., *Glossostrophia caudata* (SCHNUR), *Schuchertella* sp. ?, *Chonetes* sp.

***Aulopora serpens* GOLDFUSS**

Pl. XLVIII, fig. 10 Niveaux

84, 85 et 88

Répartition géographique : très large; Europe, U.S.A., Australie, synclinal de Tindouf.

Extension verticale : *Dévonien*.

Couvinien supérieur à *A. speciosus* et Givetien inférieur à *Spinocyrtia granulosa* du bord sud du synclinal de Tindouf.

***Procteria granulifera* (SCHLÜTER, 1889), emend. STUMM, 1950**

Pl. XLVIII, fig. 4

Niveaux 85 et 87 bis

Cette espèce a été signalée au Zemmour par D. LE MAITRE (1952a, p. 93), dans le matériel F. JACQUET.

Répartition géographique : Allemagne (synclinaux de Prüm et Gerolstein, Sauerland); Etats-Unis (Ohio, Michigan); Afrique : Saoura et Ougarta, Bas Touat, Azzel Matti, synclinal de Tindouf, Adrar mauritanien.

Extension verticale : *Emsien supérieur à Givetien inférieur*.

Emsien supérieur et Couvinien inférieur de la Saoura et d'Ougarta; Couvinien inférieur d'Hassi el Motleh (Adrar); Couvinien supérieur du bord sud du synclinal de Tindouf (d'après LE MAITRE), dans la zone à *P. jugleri*; Givetien inférieur des U.S.A. (top of Bell shale); Givetien d'Aïn ech Chebbi (Azzel Matti) (B.R.P., 1956).

Associations : *Striatopora magna*, *Pleurodictyum problematicum*, *Brachyprion interstitialis* (Erg Djemel); *Hadrophylum* cf. *orbignyi*, *Rhipidomella vanuxemi*, *Tropidoleptus carinatus*, *A. speciosus speciosus*, *P. cultrijugatus* (Hassi el Motleh); *Pinacites jugleri*, *Spirifer elegans* (bord sud du bassin de Tindouf).

***Calceola sandalina* (LINNÉ, 1771)**

variétés *lata* RICHTER, *alta* RICHTER, 1916 et *exaltata* GOLDFUSS, 1840

Pl. XLV, fig. 1 à 3; Pl. L, fig. 6 Niveaux 84, 85, 86, 87, 88 et 90

Les Calcéoles, très abondantes au Zemmour, méritent une mention particulière. Elles ont été signalées par N. MENCHIKOFF (1935) à 200 km à l'Ouest d'Aouinet Legra au Sahara espagnol, et par F. JACQUET (1936) au Zemmour.

Répartition géographique : Devonshire, Bretagne, Normandie, Anjou, Nord de la France (Fourmies), Ardenne (bassins de Dinant et de Namur), Vosges, Montagne Noire, Asturies et Léon. Oural, Altaï, confins Iran - U.R.S.S. (Araxe), Inde, Tonkin. Australie (Queensland). En Afrique : Mechra Ben Abbou, Gourara occidentale, Charouïn, Tafilalet (Ouihalane), Touat, Bou Bernous, Sud du synclinal de Tindouf, Sahara espagnol. Elles sont inconnues au Maroc central, dans l'Anti-Atlas, dans le synclinal de Taoudenni et dans l'Adrar maure.

Extension verticale : *Dévonien moyen*.

Les avis sont divergents quant à la valeur stratigraphique de ce fossile. D. LE MAITRE (1947, p. 58) écrit : « *Calceola sandalina* est une espèce cantonnée dans l'Eifélien. Elle y est abondante dès la base de l'Eifélien ainsi que j'ai pu le vérifier dans certains gisements notamment à Fourmies (Nord de la France) où elle se trouve avec *Spirifer cultrijugatus*. Il n'est pas impossible que de rares spécimens aient persisté à la base du Givétien; toutefois, il ne semble pas qu'on ait établi avec certitude, ni en Bohême, ni en Allemagne, la position stratigraphique des quelques exemplaires qui sont attribués au Givétien. »

F. LOTZE (1928) et R. RICHTER (1928), pour l'Allemagne, citent au contraire différentes variétés qui s'échelonnent du Couvinien inférieur au Givétien supérieur. C'est également l'opinion de H. et G. TERNIER (1948, p. 218; 1950, I, p. 82) qui citent des exemples de Calcéoles givétiennes.

L'espèce est citée dans toutes les subdivisions du Dévonien moyen :

Emsien supérieur ou base du Couvinien : schistes et calcaires à *Phacops potieri* de Bretagne et de Normandie.

Couvinien inférieur : calcaire de Chaudefonds (Anjou); assise de Bure à *P. cultrijugatus* (premières Calcéoles de l'Ardenne); Asturies et Léon.

Couvinien non subdivisé : schistes de Porsguen (Bretagne); calcaires à Polypiers siliceux de la Montagne Noire; défilé de l'Araxe; Tonkin (avec *Sp. speciosus*).

Couvinien supérieur : assise de Couvin à Calcéoles (Ardenne).

Givétien : dans les Vosges, la variété *alta* est associée à *Stringocephalus burtini* et *Uncites gryphus*.

En Allemagne, R. RICHTER donne la répartition suivante des différentes variétés :

Variétés	Angle au sommet moyen	Age
<i>C. sandalina</i> var. <i>westphalica</i> ..	60-65°	Givétien supérieur
<i>C. sandalina</i> var. <i>alta</i>	40-50°	Givétien inférieur
<i>C. sandalina</i> var. <i>lata</i>	60-70°	Couvinien supérieur
<i>C. sandalina</i>	50-60°	Couvinien inférieur

Dans le Nord de l'Afrique, l'espèce se rencontre souvent en milieu récifal ou subrécifal, avec une faune riche en Polypiers et pauvre en Brachiopodes ou Goniatites. L'attribution au Couvinien, plutôt qu'au Givétien, est alors souvent douteuse. A Mechra Ben Abbou, D. LE MAITRE (1938) situe les Calcéoles dans le Couvinien; à Ouihalane (Tafilalet), où elles existent dans les trois niveaux du récif, d'après ce même auteur elles seraient encore dans le Couvinien. Au Sahara espagnol, M. ALIA MEDINA (1949a, p. 50 et 57) les situe dans le Couvinien des Gor Morehba et de la Dala Bensaca, mais M.-T. RODRIGUEZ MELLADO (1948) estime que certaines formes à angle plus aigu indiquent le Givétien.

Sur le bord sud du synclinal de Tindouf, P. GEVIN (1958) les situe au sommet du Couvinien, et surtout dans le Givétien, associées à *W. crispiforme* ou nettement au-dessus de ce niveau repère. Cet auteur

a trouvé dans le Givetien inférieur les trois variétés *lata*, *alta* et *exalta* associées. En revanche l'espèce semble totalement absente de certaines régions : Maroc central, Dra, synclinal de Taoudenni et Adrar mauritanien.

Au Zemmour la répartition verticale des Calcéoles peut se résumer dans le tableau suivant :

			<i>lata</i>	<i>exalta</i>	<i>alta</i>
FRASNIEN	91	Siltstones à <i>Sp. bouchardi</i> .			
GIVETIEN SUPÉRIEUR	90	Calcaires à Polypiers supérieurs.			assez fréquente
	89	Calcaires gréseux de l'Amgala.			
	88	Marnes de l'Amgala.			très rare
GIVETIEN INFÉRIEUR	87	Calcaires à Polypiers inférieurs.	$\alpha = 60-70^\circ$ peu abondante		
	86	Marnes à <i>Glossostrophia caudata</i> .	$\alpha = 65-70^\circ$ assez rare		
	85	Marnes à Calcéoles s. s.	$\alpha = 70^\circ$ très abondante	assez rare	$\alpha = 45^\circ$ rare
	84	Marnes à Calcéoles naines.	$\alpha = 70^\circ$ naine		
	83	Marnes à <i>Gypidula chouberti</i> .			
	82	Marnes à faune naine.			
	81	Marno-calcaire à <i>W. crispiforme</i> .			
COUVINIEN SUPÉRIEUR	80	Marno-calcaire à <i>A. speciosus</i> .			
	79	Biostrome et bioherme.			

TABLEAU n° 32

Répartition verticale, au Zemmour, des différentes variétés de Calcéoles

Les premières Calcéoles, qui apparaissent dans le niveau 84, appartiennent à la variété *lata* et sont de très petite taille. Elles sont déjà situées nettement au-dessus du niveau à *W. crispiforme*. Ensuite vient la zone de très grande abondance (niveau 85) où la forme *lata*, de taille normale (longueur cardinale 45 mm environ), domine largement, mais est accompagnée par les formes *exalta* et *alta* (même association que sur le bord sud du synclinal de Tindouf). La forme *lata* persiste, mais plus rare, dans les marnes à *G. caudata* (86), puis dans les calcaires à Polypiers inférieurs où elle atteint sa taille maximale. Ensuite, dans le Givetien supérieur à *Sp. ascendens*, on ne rencontre plus que la forme *alta*, très rare dans les marnes de l'Amgala (88), plus fréquente dans les calcaires à Polypiers supérieurs (90), juste au-dessous des premiers *Spirifer bouchardi* (91).

A notre point de vue, les Calcéoles sont avant tout des fossiles de faciès subrécifal du Dévonien moyen. Elles existent depuis le Couvinien inférieur jusqu'au Givetien supérieur. Elles suivent les faciès subrécifaux et récifaux. Dans les régions où ces faciès sont couviniens, elles apparaissent au Couvinien; lorsque ces faciès sont givetien, elles apparaissent au Givetien. Au Zemmour et dans le synclinal de Tindouf, le Couvinien inférieur est gréseux et par suite le milieu de sédimentation est incompatible avec le genre *Calceola*. Toutefois on n'a pas observé pour l'instant de Calcéoles dans les biohermes et biostromes du niveau 79. La forme *alta* RICHTER est givetienne au Zemmour et monte jusqu'au sommet du Givetien, donc plus haut qu'en Allemagne. La forme *lata* AUCT. semble disparaître au-dessus du niveau 87. La stratigraphie du Zemmour apporte donc, sur la répartition des Calcéoles, quelques nouveaux éléments d'information.

Parmi la faune de Brachiopodes banale, *Leptaena rhomboidalis* (WILCK.) présente des variations importantes de taille : ligne cardinale de 15 mm dans le niveau 82 et 50 mm dans le niveau 86; dans les autres niveaux, la taille est normale avec une ligne cardinale de l'ordre de 30 mm. Les marnes à Calcéoles débutent donc par un niveau à *L. rhomboidalis* naines et se terminent par un niveau à *L. rhomboidalis*

géantes. Ensuite cette espèce reprend sa taille normale dans les niveaux 87, 88 et 90. Peu de Brachiopodes nouveaux apparaissent dans les marnes à Calcéoles. Ce sont, dans l'ordre d'apparition stratigraphique :

***Strophomena (Strophonella ?) anaglypha* KAYSER, 1871**

Pl. XLIV, fig. 8

Niveau 82

L'espèce du Zemmour est décrite par ailleurs par J. DROT (1961).

Répartition géographique : Bretagne (?), Ardenne, Allemagne.

Extension verticale : *Couvinien supérieur à Givetien inférieur*.

Assise de Couvin à Calcéoles (Co2 de Belgique); Couvinien supérieur de Bretagne (forme légèrement différente); Rommersheimer Schichten et Selscheider Schichten (Couvinien supérieur d'Allemagne); Finnentrop Schichten (Givetien inférieur d'Allemagne).

***Atrypa* cf. *semi-orbis* BARRANDE, 1879**

Niveau 85

***Philhedra* sp. e. g. *crenistriata* (HALL, 1867)**

Niveau 85

Extension verticale : *Dévonien moyen et supérieur*.

***Glossostrophia caudata* (SCHNUR, 1853)**

Pl. XLIV, fig. 12

Niveau 86

[in H. et G. TERMIER, 1950, II, p. 47, sous le nom de *Leptaena depressa* DALMAN, qui est une espèce différente]

Extension verticale : *Couvinien supérieur à Givetien inférieur* (Allemagne).

Dans le synclinal de Tindouf, P. GEVIN (1960 [1958]) signale cette espèce dans le Couvinien supérieur, associée à *A. speciosus*, et à la base du Givetien. Au Zemmour elle n'a été rencontrée que vers le sommet des marnes à Calcéoles (niveau 86), dans la région d'Aguel Nebka et dans celle d'Aïdiat, mais elle y est toujours assez rare.

La faune des marnes à Calcéoles (82 à 86) est une faune relativement banale, surtout constituée d'espèces à grande extension verticale. C'est une faune fréquente du Couvinien inférieur au Givetien inférieur compris. Toutefois *C. inflata*, *S. anaglypha* (82), *C. sandalina alta* (85) et *G. caudata* (86) ne sont pas connues dans le Couvinien inférieur. En revanche *S. subtetragona*, *S. phillipsii*, *T. djemellense* sont des espèces inconnues dans le Givetien. Nous avons vu (p. 442) que *T. djemellense* n'était connu pour l'instant que dans la Saoura, où les faciès subécifaux sont plus précoces qu'au Zemmour.

En conclusion, la faune des marnes à Calcéoles est une faune mésodévonienne peu caractéristique, qui pourrait représenter le Couvinien supérieur ou le Givetien inférieur, mais certainement par le Givetien supérieur. Sa position nettement au-dessus de *Goniatites givetiennes* (*W. crispiforme*, *Foordites psittacinum*, *W. cf. clarkei*), et la présence de Calcéoles appartenant à la variété *alta* font qu'on peut l'attribuer avec vraisemblance au Givetien inférieur (fig. 75).

10° Faune des calcaires à Polypiers inférieurs (Niveau 87)

Ce niveau est le deuxième et le plus important des biostromes du Dévonien moyen du Zemmour. La faune est essentiellement constituée de Polypiers et de Bryozoaires, accompagnés de quelques espèces de Brachiopodes et Gastéropodes et de très rares Trilobites :

COELENTERES : ? *Heterophrentis prolifica* BILLINGS, *Aulacophyllum* sp., *Heliophyllum halli* M. E. et H., *Disphyllum* (*Phacelophyllum*) *coespitosum* (GOLDF.), *Disphyllum* cf. *goldfussi* GEIN., *Phillipsastraea* sp. e. g. *hennahi* (LONSD.), *P.* sp. nov. (Pl. XLVI, fig. 2), *Prismatophyllum* (*Stenophyllum* ?) sp. e. g. *boloniense* M. E. et H., *P. (Hexagonaria) helianthoides* (GOLDF.), *P. (Hexagonaria)* sp. e. g. *magnum*, *Stringophyllum duplex* (WDK.), *Lithophyllum* sp. e. g. *striatum* WDK ?, *L. cf. tabulatum* WDK., *Heliolites* sp. e. g. *porosus* (GOLDF.), *Favosites* sp. e. g. *goldfussi* d'ORB., *F. goldfussi* var. *hemispherica*, *Striatopora* cf. *magna* LE MAITRE, *Thamnopora* sp.

e. g. *dubia* (DE BLAINV.), *T.* sp. e. g. *boloniensis* (GOSS.), *T.* cf. *reticulata* (DE BLAINV.), *Alveolites fornicatus* SCHLÜTER, *A.* cf. *fornicatus*, *Actinostroma* sp. e. g. *verrucosum* (GOLDF.), *Stromatopora concentrica* ? GOLDF., *Calceola sandalina* L. var. *lata* RICHTER ($\alpha = 60-70^\circ$); BRYOZOAIRES : nombreuses espèces indéterminées; BRACHIOPODES : *Cyrtina heteroclyta* (DEFR.), *C.* sp., *C.* cf. *acutirostris* SHUMARD, *Athyris* sp. e. g. *concentrica* (MURCH.), *A. spiriferoides* EATON, *Uncinulus parallelepipedus* (BRONN), *U.* sp., *Atrypa aspera* (SCHLOTH.), *A. reticularis* (L.) (plusieurs formes), *Leptaena rhomboidalis* (WILCK.), *Schizophoria* aff. *striatula* (SCHLOTH.), *Rhipidomella* sp. e. g. *vanuxemi* (HALL), *Rh.* sp., *Isorthis* sp., *Aulacella* sp. e. g. *interlineata* (Sow.), *Chonetes minutus* (GOLDF.), *Gypidula* sp. e. g. *galeata* (DALMAN); GASTEROPODES : *Euomphalus* sp. (Pl. XLVIII, fig. 8) et autres espèces indéterminées; TRILOBITES : *Phacops* sp. (Pl. XLVIII, fig. 7).

On voit par cette liste que les Brachiopodes, mis à part *Cyrtina acutirostris*, sont représentés par des espèces déjà connues dans les niveaux précédents. En revanche la faune des Polypiers s'enrichit de nombreuses formes nouvelles, notamment de Tabulés et de Stromatopores.

Disphyllum (Phacellophyllum) coespitosum (GOLDFUSS)

Pl. XLVIII, fig. 1

Niveau 87

Répartition géographique : très grande. Ardenne, Eifel; Oural occidental, Sibérie occidentale, Indes; Canada; Maroc, Sahara occidental et mauritanien, Sahara espagnol.

Extension verticale : *Givetien et Frasnien*.

Zone à *Stringocephalus burtini* (Canada, Chaouïa nord); Givetien du Bled Zemmour (Maroc); Frasnien moyen de l'Ardenne où il caractérise la troisième zone de l'assise de Frasnes, sur le bord sud du bassin de Dinant.

Associations : *Stringocephalus burtini* (Canada, Chaouïa nord); *Actinostroma clathratum* (Chaouïa nord); *Favosites gothlandica*, *F. cervicornis*, *F. intricatus*, *Cyathophyllum hexagonum*, *C. heterophyllum* (Bled Zemmour); *Gypidula brevirostris* (assise de Frasnes, Ardenne).

Phillipsastraea sp. e. g. hennahi (LONSDALE)

Niveau 87

Répartition géographique : Grande-Bretagne.

Extension verticale : *Frasnien*.

Phillipsastraea sp. nov.

Pl. XLVI, fig. 2 Niveau 87

Signalé au Sahara espagnol et figuré par M. ALIA MEDINA (1949a, Pl. XXII, fig. 1) sous le nom de *Acervularia goldfussi* DE VERN. et HAIME, dans le Dévonien moyen des Gor Morehba, et par M.-T. RODRIGUEZ MELLADO (1958, p. 431 et 433, Pl. XXV, fig. 1). D. LE MAITRE en fait une espèce nouvelle qu'elle n'a pas encore décrite.

Prismatophyllum (Hexagonaria) (GOLDFUSS, 1826)

Pl. XLVI, fig. 4

Niveaux 79 et 87

Répartition géographique : Allemagne, Etats-Unis, Maroc, Sahara occidental.

Extension verticale : *Dévonien*.

Givetien de la Chaouïa nord, du Maroc central et du Tafilalet, d'après H. et G. TERMIER (1950, I, p. 100); Givetien d'Aouinet Legraa (N. MENCHIKOFF, 1930, p. 81); calcaires givetien-frasnien de l'anticlinorium Ziar Azrou (Maroc central).

Remarque : dans le niveau 87, les polypes sont plus petits que dans le niveau 79.

Stringophyllum duplex (WEDEKIND, 1925)

Pl. XLVI, fig. 6

Niveau 87

Répartition géographique : Allemagne, Arménie.

Extension verticale : *Givetien supérieur*.

Le genre *Stringophyllum* est très caractéristique du Givetien; il abonde notamment dans le Givetien supérieur (Allemagne, Arménie).

Lithophyllum sp. e. g. **striatum** ? WEDEKIND

Pl. L, fig. 2

Niveaux 87 et 90

Répartition géographique : Allemagne, Oural.

Extension verticale : *Givetien inférieur*.

Givetien inférieur d'Allemagne et de l'Oural (E. D. SOCHKINA, 1952).

Lithophyllum **tabulatum** WEDEKIND

Niveaux 87 et 88

Répartition géographique : Allemagne, Oural.

Extension verticale : *Givetien inférieur*.

Givetien inférieur d'Allemagne et de l'Oural.

Heliolites sp. e. g. **porosus** (GOLDFUSS, 1826)

Pl. XLVI, fig. 7

Niveau 87

Signalé au Zemmour espagnol à l'Est des Gor Morehba par M. ALIA MEDINA (1949a) qui le situe dans le Couvinien.

Répartition géographique : très grande. Devonshire, Anjou, Ardenne, Allemagne, Pyrénées, Bohême, Alpes carniques, Italie; Indochine; Afrique du Nord : Mechra ben Abbou (Maroc occidental), Tafilalet, Maïder, Anti-Atlas, bord sud du synclinal de Tindouf.

Extension verticale : *Siegenien à Givetien*.

Calcaire de Chalonnès (Emsien supérieur à Couvinien inférieur); Couvinien inférieur des Alpes carniques; couches de Benešov en Bohême (Dévonien moyen); assise de Couvin à Calcéoles (Couvinien supérieur de l'Ardenne), dont la deuxième sous-assise, entre celle à *Sp. speciosus* et celle à *Sp. ostiolatus*, est dénommée calcaire à Stromatopores et *Heliolites porosus*; Couvinien de Torquay (Devonshire); Couvinien inférieur du Laos; Givetien probable du Haut-Tonkin. En Afrique : signalé dans les plaines du Dra par G. CHOUBERT et H. HOLLARD (1952, excursion A36) au Jebel Maïfid et dans le Mersakhsaï, dès le Siegenien; Couvinien récifal de Mechra ben Abbou, et de Ouïhalane (Tafilalet). Couvinien supérieur du Maïder; Givetien de l'Ognat (suivant L. CLARIOND, 1934); Givetien inférieur du synclinal de Tindouf.

Associations : *Meganteris archiaci*, *Camarotoechia daleidensis*, *Uncinulus princeps* (Jebel Maïfid); *Spirifer cultrijugatus* (Alpes carniques); faune du récif de Ouïhalane : *Calceola sandalina*, *Heliophyllum halli*, *Cystiphyllum vesiculosum*, *Lithophyllum marginatum*, *Favosites goldfussi*, *F. eifeliensis*, *Actinostroma verrucosum*, *A. clathratum*, etc.; *Favosites goldfussi*, *F. eifeliensis* (Tonkin); *Calceola sandalina* (Ardenne, synclinal de Tindouf).

Favosites **goldfussi** D'ORBIGNY

Pl. XLVII, fig. 2

Niveaux 86 et 87

Pl. XLVII, fig. 1

(var. *hemispherica*)

Répartition géographique : mondiale. Fourmies (Nord de la France), Belgique, Pyrénées, Asturies; défilé de l'Araxe (confins U.R.S.S.-Iran); Indochine; U.S.A.; Afrique du Nord : Maroc occidental, Maroc central, Tafilalet, Gourara occidental, synclinal de Tindouf.

Extension verticale : *Coblencien à Givetien (très abondant au Couvinien)*.

Siegenien d'Ougarta et de la Saoura, de la Chaouïa nord, du Maroc central; Emsien de l'Anti-Atlas; Couvinien inférieur de Fourmies, à *Sp. cultrijugatus* et Columbus limestone des U.S.A.; Couvinien supérieur de l'Ardenne, assise de Couvin à Calcéoles; Couvinien des Asturies, du Tonkin, etc.; Couvinien de Mechra ben Abbou (Maroc occidental) et de Ouïhalane (Tafilalet); Givetien inférieur du bord sud du synclinal de Tindouf; Givetien de Tiliouine - Slimane (Maroc central).

Associations : *Calceola sandalina*, *Heliolites porosus*, *Stromatopora concentrica*, *Alveolites fornicatus*, *Uncinulus parallelepipedus* (assise de Couvin); *Alveolites chaetetiformis*, *Acervularia troscheli*, *Calceola sandalina*, *Hexagonaria hexagona*, *Heliophyllum halli* (Givetien inférieur du synclinal de Tindouf).

Thamnopora sp. e. g. dubia (DE BLAINVILLE)

Niveaux 87 et 90

Extension verticale : *Couvinien* de Gerolstein.**Thamnopora sp. e. g. boloniensis (GOSSELET)**

Niveaux 87 et 88

Signalée par M.-T. RODRIGUEZ MELLADO (1948) au Sahara espagnol (Gor Morehba).

Extension verticale : *Siegenien* - *Frasnien*.

En Ardenne, cette espèce est connue dans la partie inférieure de l'assise de Fromelennes (base du Frasnien), où elle est associée à *Alveolites suborbicularis* et à *Cyrtospirifer seminoi*. Au Maroc, H. et G. TERMIER (1950) la citent dans le Siegenien du Dra, le Couvinien du Rehamna et dans le Givetien du Maroc central à Tiliouine).

Thamnopora cf. reticulata (DE BLAINVILLE)

Pl. XLVIII, fig. 3

Niveau 87

En Ardenne, cette espèce est connue dans l'assise de Couvin à Calcéoles (Couvinien supérieur). P. GEVIN (1958 [1960]) la signale au NW du Mabbès (synclinal de Tindouf), à la limite du Couvinien et du Givetien.

Alveolites fornicatus SCHLÜTER, 1889

Niveau 87

Signalé au Zemmour, sans précision stratigraphique, par H. et G. TERMIER (1950, I, p. 148) au Nord de la Sebkhia Oumat el Ham (récolte G. CHOUBERT).

Répartition géographique : Ardenne, Allemagne; Maroc occidental (Mechra ben Abbou), Maroc central, Tafilalet, sud du synclinal de Tindouf.

Extension verticale : *Couvinien* et *Givetien*.

Couvinien en Europe : calcaires de Gerolstein (Eifel), assise de Couvin à Calcéoles (Couvinien supérieur de l'Ardenne). Couvinien et Givetien d'Afrique du Nord : Couvinien à Calcéoles de Mechra ben Abbou et de Ouihalane, Givetien du Maroc central, Givetien inférieur du bord sud du synclinal de Tindouf.

Associations : *Calceola sandalina* (Ardenne, Mechra ben Abbou, Ouihalane); *C. sandalina*, *Heliolites porosus*, *Hexagonaria hexagona*, *Striatopora reticulata*, etc. (bord sud du synclinal de Tindouf); *Helio-phyllum halli*, *Favosites goldfussi*, *F. eifeliensis*, *F. graffi*, *F. chaetetiformis*, *Alveolites suborbicularis*, *Heliolites porosus*, *Actinostroma verrucosum* (récif de Ouihalane, Tafilalet).

Stromatopora concentrica GOLDFUSS, 1840

Niveau 87

Répartition géographique : Angleterre, Deux-Sèvres, Anjou, Ardenne, Eifel; Oural, Canada.

Extension verticale : *Couvinien* et *Givetien*.

Couvinien inférieur de l'Anjou (calcaires de Chaudfond, Chalonnes, Montjean); Couvinien supérieur de l'Ardenne (assise de Couvin à Calcéoles); Dévonien moyen d'Angleterre et de l'Eifel; Couvinien de l'Oural; Corniferous limestone du Canada; Givetien de la Ville Dé d'Ardin (Deux-Sèvres).

Associations : *Calceola sandalina*, *Alveolites fornicatus*, *Favosites goldfussi*, *Thamnopora reticulata* (assise de Couvin); *Stringocephalus burtini*, *Stromatoporella eifeliensis*, *Actinostroma clathratum* (Ville Dé d'Ardin).

Cyrtina cf. acutirostris SHUMARD

Niveau 87

Espèce américaine, du Choteau limestone, signalée par H. et G. TERMIER (1950, II, p. 89 et Pl. CIV, fig. 9-11) et P. GEVIN (1960 [1958]) à la base du Givetien inférieur du bord sud du synclinal de Tindouf, où elle est associée à *A. speciosus speciosus*, *Spinocyrtia granulosa*, *Alveolites fornicatus*, *Thamnopora reticulata*, *Hexagonaria hexagona*, etc.

La faune du niveau 87 se caractérise donc par un net renouvellement des espèces de Polypiers, alors que les Brachiopodes restent pour la plupart des espèces banales déjà connues dans les niveaux précédents. Les Tabulés deviennent très abondants pour la première fois. Cette liste de Polypiers est certainement très incomplète, certaines espèces étant restées indéterminées et d'autres ayant échappé sur le terrain à l'investigation du géologue non spécialiste. Les déterminations de M^{lle} D. LE MAITRE mettent en évidence l'apparition d'espèces connues dans le Givetien et le Frasnien.

Tous les Brachiopodes du niveau 87 sont connus dans l'ensemble du Dévonien moyen. Seul *C. acutirostris* est une espèce plus particulièrement givetienne.

Parmi les Polypiers, seul *Striatopora magna* LE MAITRE n'est pas connu dans le Givetien (mais la répartition actuelle de ce fossile n'est basée que sur les récoltes de la Saoura, et de plus D. LE MAITRE a donné pour l'espèce du Zemmour la détermination *S. cf. magna*). En revanche certaines espèces comme *Disphyllum coespitosum*, *Phillipsastraea hennahi*, *Prismatophyllum helianthoides*, *Stringophyllum duplex*, *Lithophyllum striatum* et *L. tabulatum* sont des espèces plutôt givetiennes et frasnien.

Par ses associations, par les genres représentés, cette faune offre plus d'affinités avec la faune de Ouihalane (Tafilalet) qu'avec la faune de la Saoura et d'Ougarta (Sahara occidental), bien que ces deux faunes soient attribuées l'une et l'autre au Couvinien. Au contraire, la faune des niveaux 80-81 avait plus d'affinités avec la faune de la Saoura et d'Ougarta qu'avec celle de Ouihalane. Ceci est vraisemblablement dû à des conditions de milieu comparables. La faune du niveau 87 est sub-récifale ou récifale comme celle de Ouihalane; elle est très voisine, beaucoup d'espèces s'y sont perpétuées du Couvinien au Givetien, mais quelques espèces plus tardives existent au Zemmour, qui sont absentes à Ouihalane : *D. coespitosum*, *P. helianthoides*, *Lithophyllum striatum*, *L. tabulatum*, etc.

Nous attribuons donc à la faune des Polypiers inférieurs un âge givetien franc, mais peut-être à placer encore dans le Givetien inférieur (présence de *Thamnopora reticulata*, *Lithophyllum* sp. e. g. *striatum*, *L. tabulatum* et *Calceola sandalina* var. *lata*) (voir fig. 75).

11° Faune des marnes et calcaires argileux de l'Amgala (Niveaux 88 et 88 bis)

La faune des marnes de l'Amgala, ou « faune de l'Amgala », est remarquable par l'abondance des individus et par la qualité de leur conservation. Elle est constituée, dans l'ordre d'abondance, de Brachiopodes, Polypiers, Crinoïdes, Trilobites et Tentaculites. Les Spirifers, absents des niveaux 83 à 87, réapparaissent, très abondants, sous des formes inconnues plus bas. Les Polypiers, peu abondants par le nombre d'espèces, sont très abondants par le nombre d'individus, notamment les *Lithophyllum*. L'association relevée est la suivante :

COELENTERES : *Disphyllum trigemne* (QUENSTEDT), *Phillipsastraea* (*Pachyphyllum*) *ibergensis* A. ROEMER, *Lithophyllum* (= *Zonophyllum*) sp. e. g. *septatum* WDK., *Lithophyllum tabulatum* WDK., *Digonophyllum* (*Glossophyllum*) sp. e. g. *dohmi* WDK., *Favosites* sp. e. g. *eifeliensis* ? NICHOLSON, *Striatopora* sp., *Thamnopora* sp. e. g. *boloniensis* (GOSS.), *Aulopora serpens* GOLDFUSS, *Calceola sandalina* var. *alta* RICHTER (très rare); BRACHIOPODES : *Spirifer* cf. *undiferus* ROEMER, *Spirifer* sp. (Pl. XLIX, fig. 5), *Spinocyrtia ascendens* (SPRIESTERBACH), *Sp. ascendens* var. *zemmourensis* DROT, *Cyrtina heteroclyta* (DEFR.), *C. heteroclyta* (variété à très haute aréa), *Reticularia* sp. e. g. *aviceps* (KAYSER), *Reticularia* sp., *Dielasma* sp., *Athyris spiriferoides* EATON, A. sp. e. g. *spiriferoides*, A. *concentrica* (MURCH.), A. sp. e. g. *concentrica*, A. sp. (plusieurs espèces), *Uncinulus* sp. e. g. *parallelipedus* (BRONN), *Camarotoechia* cf. *osculum* SCHMIDT, *Camarotoechia* sp. (plusieurs espèces), *Atrypa aspera* (SCHLOTH.), *A. reticularis* (L.), *A. reticularis* (variété à grosses côtes), *A. reticularis* (formes triangulaires), *Leptaena rhomboidalis* (WILCK.) (taille moyenne), *Schizophoria striatula* (SCHLOTH.), *S. sp.*, « *Orthis* » sp., *Aulacella* sp. e. g. *lineata* (Sow.), A. sp. e. g. *interlineata* (Sow.), A. sp., *Stropheodonta* sp., *Schuchertella* sp. e. g. *umbracula* (SCHLOTH.), *Tropidoleptus carinatus* (CONRAD), *Chonetes minutus* (GOLDF.), C. sp. e. g. *minutus*, C. *coronatus* (CONRAD) var. *zemmourensis* DROT, C. sp., *Gypidula* sp. e. g. *brevirostris* (PHILL.), *Petrocrania* sp. ? (parasite sur *S. striatula*); ANNELIDES : *Spirorbis* sp. (fixé sur *L. rhomboidalis*); GASTEROPODES : *Platyceras* sp.,

autres espèces indéterminées; CEPHALOPODES : un fragment indéterminable de Goniatite; TRILOBITES : *Neometacanthus* (*Neometacanthus*) *stellifer* (BURMEISTER), *Asteropyge* ? sp., *Homalotus* sp., *Phacops* (*Phacops*) cf. *circonspectans* PAECKELMANN, P. sp.; ECHINODERMES : Crinoïdes indéterminés; EOPTEROPODES : *Tentaculites zemmourensis* LARDEUX.

Disphyllum (Phacellophyllum) trigemne (QUENSTEDT, 1881)

Pl. XXXV, fig. 7 et 8

Niveaux 66 et 88

Répartition géographique : Grande-Bretagne (Devon, Somerset), Eifel, Autriche; plateforme russe, Oural; Indes; Tafilalet, synclinal de Tindouf.

Extension verticale : *Dévonien moyen et Frasnien inférieur*.

Couvinien de Ouhilane (Tafilalet); limite Couvinien - Givetien du synclinal de Tindouf; totalité du Dévonien moyen et Frasnien inférieur d'Autriche; Dévonien moyen d'Allemagne; Givetien de l'Oural (couches de Tcheslavsk); Givetien supérieur et Frasnien inférieur d'Angleterre; Frasnien de la plateforme russe (couches de Chthigrov).

Associations : *Calceola sandalina* (Ouhilane, Tindouf).

Phillipsastraea (= Pachyphyllum) ibergensis A. ROEMER

Niveau 88

Répartition géographique : Allemagne, U.R.S.S., Timan.

Extension verticale : *Frasnien*.

Frasnien d'Allemagne, de la plateforme russe (couches de Voronej) et du Timan (couches de Siratch) (E. D. SOCHKINA, 1952).

Digonophyllum (Glossophyllum) sp. e. g. dohmi WEDEKIND

Pl. XLVIII, fig. 12

Niveau 88

Répartition géographique : Allemagne.

Extension verticale : *Couvinien*.

Favosites sp. e. g. eifeliensis NICHOLSON, 1879

Niveau 88

Répartition géographique : Eifel (Gerolstein), Autriche (région de Graz); Tafilalet.

Extension verticale : *Couvinien et Givetien* (en Afrique, totalité du Dévonien d'après H. et G. TERMIER, 1950).

Schistes à Calcéoles du Couvinien supérieur (Allemagne); Givetien de Graz; Couvinien du récif de Ouhilane. D'après H. et G. TERMIER (1950), l'espèce existerait dans le Siegenien du Djebel Issoumour, dans le Dévonien inférieur de la Chaouïa nord et de l'Anti-Atlas, dans le Couvinien des Rehamna et dans le Famennien du Maroc central, et présenterait ainsi une très grande extension verticale.

Spirifer cf. undiferus ROEMER, 1844

Pl. XLIX, fig. 2

Niveau 88

Cette espèce a été signalée, sous la variété *undulata*, par J. COTTREAU (1940, p. 198), sans précision de localité, au Sahara occidental.

Répartition géographique : Ardenne, Allemagne, Massif Central, Yunnan, Haut Laos; U.S.A. (Nevada); Maroc (Rehamna, Chaouïa nord, Maroc central), Sahara occidental.

Extension verticale : *Emsien (?) à Frasnien* (fréquent au Givetien).

Emsien de Foucauld (Maroc); Couvinien du Maroc central; schistes à *Sp. undiferus* de Nong Po au Haut Laos (Couvinien); Givetien du Yunnan à *S. burtini*; base du Givetien du bord sud du synclinal de Dinant (assise des Trois Fontaines); schistes et calcaires à *Sp. undiferus* (Gia) de la base du Givetien de l'Ardenne belge; plus rare dans le Givetien à *S. burtini* (Gib); Givetien des Obere Newsberryenschichten d'Allemagne (Givetien moyen du Wennetal); Frasnien moyen de Diou (Massif Central).

Associations : *Stringocephalus burtini* (Ardenne); *Calceola sandalina* mutation givetienne, *Scutellum costatum* (Rehamna); *S. burtini*, *Atrypa aspera*, *Gypidula galeata* (Yunnan).

Spinocyrtia ascendens (SPRIESTERBACH, 1935)

Pl. XLIX, fig. 4

Niveau 88

Forme rare au Zemmour, accompagnant *Sp. ascendens* var. *zemmourensis* DROT.

Répartition géographique : Allemagne, Tassili Oua-N-Ahaggar (Sahara méridional).

Extension verticale : Givetien.

Mergelsberger Schichten d'Allemagne (Givetien); Givetien du Tassili Oua-N-Ahaggar.

Associations : *Stringocephalus burtini* (Allemagne); *Tropidoleptus carinatus* (Sahara).

Spinocyrtia ascendens (SPRIESTERBACH, 1935) var. **zemmourensis** DROT, 1961

Pl. XLIX, fig. 3

Niveau 88

Cette variété, connue seulement au Zemmour pour l'instant, est étudiée par J. DROT (1961). Elle est très abondante dans le niveau 88 (Amgala, Oudeï Askaf), mais un exemplaire a également été rencontré un peu plus bas, dans le niveau 87 *bis* (faciès gréseux des Oudeï Askaf).

Camarotoechia cf. **osculum** SCHMIDT

Pl. XLIX, fig. 8

Niveaux 88

et 88 *bis*

Extension verticale : Couvinien supérieur et Givetien inférieur.
Gondelsheimer Schichten.

Aulacella sp. e. g. **lineata** (SOWERBY)

Niveau 88

Extension verticale : Couvinien à Strunien.

Tropidoleptus carinatus (CONRAD, 1839)

Pl. XXXV, fig. 10 à 12

Niveaux 69,

88, 92, 94 et 98

Répartition géographique : espèce américaine inconnue en Europe. Largement répandue aux U.S.A. (Nevada par exemple), Brésil, Bolivie. Afrique : bord sud du synclinal de Tindouf, bassin du Tanezrouft (Bir Ould Brini), Ahnet, Tassili-Oua-N-Ahaggar (Sahara méridional), Adrar maure, synclinal de Taoudenni.

Extension verticale : Emsien à Frasnien.

Aux U.S.A., c'est une espèce à large répartition verticale (quatre zones récurrentes) : Hamilton group (Dévonien moyen) et Frasnien, avec maximum d'abondance au Givetien (H. S. WILLIAMS, 1913). Dévonien moyen du Brésil et de Bolivie, dans les équivalents du Hamilton group.

En Afrique : Dévonien moyen de l'Ahnet, Couvinien et Givetien inférieur de Bir Ould Brini, Couvinien supérieur probable de Terhazza, sommet du Givetien et base du Frasnien du synclinal de Tindouf, Givetien et Frasnien (?) des Tassilis-Oua-N-Ahaggar. Dans l'Adrar maure, D. LE MAITRE (1952c) le signale dans l'Emsien supérieur ou le Couvinien inférieur (var. *gamma*) et dans le Givetien supérieur - Frasnien inférieur de Dhlaiet el Ateuch.

Au Zemmour, l'espèce offre une très large répartition, puisqu'elle est connue du niveau 69 au niveau 98 (base du Couvinien à Frasnien). Elle manifeste une nette prédilection pour les niveaux de nature détritique. Des *Tropidoleptus* sp. existent encore plus haut dans les niveaux 99 et 101.

Associations : *Spirifer ascendens* (Givetien), *Sp.* cf. *mesacostalis* (Frasnien ?) (Tassilis-Oua-N-Ahaggar); *Sp. mucronatus*, *Sp. verneuili*, *Camarotoechia omalusi*, *C. ferquensis*, *A. spiriferoides*, *P. subaculeata* (Dhlaiet el Ateuch); *Sp. verneuili*, *Sp. bouchardi*, *Cyrtina heteroclyta* (Givetien supérieur - Frasnien inférieur de Tindouf).

Chonetes coronatus (CONRAD, 1842) var. **zemmourensis** DROT, 1960

Pl. XLIX, fig. 11

Niveau 88

Cette variété est définie par J. DROT (1961). Elle n'est signalée pour l'instant qu'au Zemmour. L'espèce est connue dans le Hamilton group des U.S.A., où on la trouve associée à *Sp. granulosus*, *Sp. mucronatus* et *T. carinatus*.

Gypidula brevirostris (PHILLIPS, 1841)

Niveau 88

Signalée dans le Dévonien moyen du Zemmour, au SE de Smara, entre les Oudiane Tasuat et Askaf, par M. ALIA MEDINA (1949a) et par M.-T. RODRIGUEZ MELLADO (1948, p. 430).

Répartition géographique : Anjou, Boulonnais, Ardenne; Australie; Sahara espagnol, Bou Bernous, Mouydir.

Extension verticale : Couvinien à Frasnien.

Mésodévonien d'Australie; assise de Couvin à Calcéoles (Couvinien supérieur de l'Ardenne), schistes de Beaulieu (Frasnien inférieur du Boulonnais), assise de Frasnies (Frasnien moyen de l'Ardenne) dont *G. brevirostris* caractérise en Belgique la troisième zone F2c (= zone à *Disphyllum coespitosum*), enfin Frasnien de l'Ecochère (Anjou). En Afrique, limite Couvinien supérieur - Givetien inférieur de Bou Bernous, Givetien terminal du Mouydir.

Associations : *Calceola sandalina* (Ardenne, Bou Bernous); *Disphyllum coespitosum* (Ardenne); *Spirifer mediotextus* (Mouydir); *Sp. bouchardi*, *Sp. verneuili* (Boulonnais); *Spirifer verneuili*, *Productella subaculeata*, *Tentaculites tenuicinctus* (Anjou).

Neometacanthus (Neometacanthus) stellifer (BURMEISTER, 1843)

Pl. XLVIII, fig. 15;

Niveaux 81, **sommet de 88**

Pl. XLIX, fig. 1

et 88 bis

L'extension de cette espèce a été envisagée lors de l'étude du niveau 81 (p. 453). Au Zemmour, elle est relativement abondante dans un horizon situé à la partie terminale des marnes de l'Amgala, à quelques mètres au-dessus de la faune principale (Amgli el Harra, Amgli Lebgar, Bou Dreiga). On la retrouve encore, mais plus rare, dans les lumachelles à *Tentaculites* qui viennent ensuite (88 **bis**).

Phacops (Phacops) cf. circumspectans PAECKELMANN, 1913

Niveau 88

L'espèce du Zemmour est voisine, mais différente, de *Ph. circumspectans* connu dans le Famennien supérieur d'Allemagne (zone VI = *Wocklumeria* Stufe).

Tentaculites zemmourensis LARDEUX, 1961

Pl. XLVIII, fig. 14

Niveau 88 **bis**

Cette espèce, pour l'instant connue seulement au Zemmour, est définie et décrite par H. LARDEUX (1961). Elle présente, dans les petits bancs lumachelliques par lesquels se terminent les marnes de l'Amgala, une extrême abondance et un état de conservation remarquable.

Malgré sa richesse, la faune de l'Amgala (88 et 88 **bis**) ne contient que fort peu d'espèces à extension verticale réduite. Nous retiendrons seulement *Spinocyrtia ascendens*, espèce franchement givetienne. L'ensemble de la faune donne un maximum de 25 espèces pour le Givetien inférieur et 24 espèces pour le Givetien supérieur (fig. 75). Dans les tableaux stratigraphiques, nous avons fait débiter le Givetien supérieur au niveau 88. On pourrait aussi placer ce niveau dans un Givetien moyen. Mais une espèce comme *Phillipsastraea ibergensis* n'est jusqu'ici connue que dans le Frasnien.

On remarquera que les espèces qui apparaissent au niveau 88 ne sont que rarement citées dans le Nord de l'Afrique. Dans le Dra et la Saoura, les faciès sont plus profonds et par suite les faunes sont surtout composées de *Goniatites* (*Maenioceras terebratum*).

12° Faune des calcaires à Polypiers supérieurs (Niveau 90)

Cette faune, qui est la dernière avant l'apparition des *Spirifer bouchardi* du Frasnien, est une faune subrécifale de biostrome, très comparable à la faune des Polypiers inférieurs. On y rencontre quelques Brachiopodes, des Bryozoaires et surtout d'abondants Polypiers :

COELENTERES : *Streptelasma* sp. (= *Stereolasma* sp.) (Pl. L, fig. 1), *Aulacophyllum* ?, *Spinophyllum* sp. (= *Cylindrophyllum* sp.), *Macgeea* sp. e. g. *solitaria* M. E. et H., ? *Stringophyllum quasi-*

normale HILL, *Lithophyllum* (= *Zonophyllum*) sp. e. g. *septatum* WDK., *Lithophyllum* sp. e. g. *striatum* WDK. ?, *Digonophyllum* (*Pseudocoscophyllum* = *Mochlophyllum*) sp. e. g. *geigeri* WDK. et VOLL., *Coscophyllum* sp. (Pl. L, fig. 3), *Dialytophyllum* sp. nov. (e. g. *secundum* AMANSH. ?), *Chaetetes* sp. e. g. *pyriformis* LE MAITRE, *Favosites* sp. e. g. *graffi* PENECKE, *Staphylopora* cf. *chaetetiformis* LE MAITRE, *Thamnopora* sp. e. g. *dubia* (DE BLAINV.), *Thamnopora* sp. (Pl. L, fig. 5), *Alveolites* sp. e. g. *suborbicularis* LAMARCK, *Actinostroma clathratum* NICH., *Calceola sandalina* var. *alta* RICHTER; BRACHIOPODES : *Spirifer* sp. (rare), *Athyris* sp., *Uncinulus* sp. e. g. *parallelepipedus* (BRONN), *Atrypa aspera* (SCHLOTH.), *A. reticularis* (L.) (variété à grosses côtes), *A. sp.* e. g. *reticularis*, *A. sp.*, *Leptaena rhomboidalis* (WILCK.), *Aulacella* sp., *Schuchertella* cf. *umbracula* (SCHLOTH.).

L'association de Brachiopodes est banale. Parmi les espèces signalées, *A. aspera* est particulièrement abondante. Parmi les Polypiers, les espèces déterminées spécifiquement qui apparaissent avec le niveau 90 sont les suivantes :

***Macgea* sp. e. g. *solitaria* M. E. et H.**

Niveau 90

Répartition géographique : Etats-Unis; U.R.S.S.

Extension verticale : *Frasnien*.

Frasnien des Etats-Unis, de la plateforme russe (couches de Semilouki) et de l'Oural (couches de Domanik).

? *Stringophyllum quasinnormale* HILL

Niveau 90

Le genre *Stringophyllum* appartient généralement au Givetien, en Arménie comme en Allemagne.

***Digonophyllum* (*Pseudocoscophyllum* = *Mochlophyllum*) sp. e. g. *geigeri* WEDEKIND et VOLL.**

Niveau 90

D'après D. LE MAITRE (*in litt.*, 1959) la forme du Zemmour est également très voisine de *Coscophyllum dachsbergi* VOLL.; ces deux espèces semblent localisées dans le NW de l'Europe, dans la partie moyenne du Dévonien moyen (Couvinien supérieur et Givetien inférieur).

***Dialytophyllum* sp. nov. [e. g. *secundum* ? AMANSH.]**

Niveau 90

D'après D. LE MAITRE (*in litt.*, 1959) et E.D. SOCHKINA (1952), le genre *Dialytophyllum* appartient généralement au Givetien supérieur.

***Chaetetes* sp. e. g. *pyriformis* LE MAITRE, 1952**

Pl. L, fig. 4

Niveau 90

L'espèce a été définie aux environs d'Ougarta (Erg Djemel), dans le Couvinien inférieur. Son extension verticale n'est donc pas encore bien connue, puisque dans la Saoura les faciès récifaux s'arrêtent au Couvinien.

***Favosites* sp. e. g. *graffi* PENECKE, 1894**

Niveau 90

Répartition géographique : Alpes carniques; Indochine; Tafilalet, Ougarta.

Extension verticale : *Emsien et Couvinien*.

Emsien d'Ougarta (forma *distorta* LE MAITRE), Couvinien de Ouhilane (Tafilalet), Couvinien inférieur de Graz (Autriche), Couvinien d'Indochine (schistes de Yen-Lac et calcaires de Ban-Hom).

Associations : *Spirifer cultrijugatus* (Graz); *Calceola sandalina* (Tafilalet).

***Staphylopora* cf. *chaetetiformis* (LE MAITRE, 1947) emend. LE MAITRE, 1956**

Niveau 90

Répartition géographique : Maroc; Indochine; Australie.

Extension verticale : *Dévonien moyen*.

Couvinien de Ouhilane (Tafilalet); Dévonien moyen du bord sud du synclinal de Tindouf; Givetien de Zagora (Dra); calcaire de Ban-Hom (Indochine); Dévonien moyen d'Australie.

Associations : *Favosites goldfussi*, *Favosites graffi* (calcaires de Ban-Hom); *F. goldfussi*, *F. graffi*, *C. sandalina*, *Heliolites porosus*, *Actinostroma clathratum* (Ouhilane).

***Alveolites* sp. e. g. *suborbicularis* LAMARCK, 1801**

Niveau 90

Répartition géographique : Belgique, Bohême, Autriche; Inde; U.S.A.; Maroc occidental, Sahara occidental.

Extension verticale : *Couvinien à Frasnien inférieur*.

Couvinien à Calcéoles de Mechra Ben Abbou (calcaire de Bouchada); couches à Calcéoles des Alpes carniques, couches de Benešov en Bohême (Dévonien moyen); Givetien du Maroc central; base du Frasnien de Belgique (macigno du Roux et partie inférieure de l'assise de Fromelennes). J. COTTREAU a signalé l'espèce dans le Dévonien moyen du Sahara occidental, sans précision de localité.

Associations : *Calceola sandalina* (Mechra Ben Abbou, Autriche); *Thamnopora boloniensis* (assise de Fromelennes); *Actinostroma clathratum*, *Hexagonaria quadrigemina*, *Stringocephalus burtini*, *Sp. aff. mediotextus*, *Sp. verneuili* (macigno du Roux); *Heliolites porosus*, *Uncinulus parallelepipedus* (Bohême).

***Actinostroma clathratum* NICHOLSON, 1886**

Niveau 90

Répartition géographique : Angleterre, Deux-Sèvres, Anjou, Nord de la France, Belgique, Allemagne (Gerolstein), Pologne, Alpes carniques; U.R.S.S. (Kuznetsk, Oural); Australie; Maroc (Ouhilane, Mechra ben Abbou).

Extension verticale : *Coblencien à Dévonien supérieur*.

Cette espèce à large extension verticale est souvent citée dans le Dévonien moyen et notamment le Givetien : calcaire de Chaudefonds et de Chalonnès (Couvinien inférieur); calcaires de Glageon (Givetien supérieur); Givetien de la Ville Dé d'Ardin (Deux-Sèvres); Givetien de Belgique (Lex. strat., vol. I, 4aI, p. 237); assise du macigno du Roux (base du Frasnien de Belgique). En Afrique : Couvinien de Mechra ben Abbou; Couvinien du récif de Ouhilane (Tafilalet); Givetien de la Chaouïa nord et du Maroc central.

Associations : *Stringocephalus burtini*, *Disphyllum coespitosum* (Chaouïa nord); *Alveolites suborbicularis*, *S. burtini*, *Spirifer mediotextus* (macigno du Roux); *S. burtini*, *Stromatoporella eifeliensis* (Deux-Sèvres); *Calceola sandalina* (Mechra ben Abbou, Ouhilane).

La faune des calcaires à Polypiers supérieurs ne permet pas par elle-même d'attribuer au niveau 90 un âge précis. L'association d'*Uncinulus parallelepipedus* et de *Calceola sandalina* var. *alta* exclut la possibilité d'un âge frasnien. La position entre les niveaux 88 à *Spinocyrtia ascendens* et 91 à *Spirifer bouchardi* laisse à penser qu'il s'agit de Givetien supérieur. L'association *Alveolites suborbicularis* et *Actinostroma clathratum* est connue en Belgique, dans l'assise du macigno du Roux, où on la rencontre, avec les derniers *Stringocephalus burtini*, à l'extrême base du Frasnien.

Chaetetes pyriformis, cependant, n'est connu que dans le Couvinien inférieur de la Saoura, mais son extension verticale pourrait être plus large. *Favosites graffi* est aussi une espèce considérée jusqu'à maintenant comme ne dépassant pas le Couvinien. Malgré cela, nous considérerons la faune du niveau 90, à *Calceola sandalina* var. *alta*, comme une faune subrécifale d'âge givetien supérieur. C'est, au Zemmour, la plus jeune faune de Dévonien moyen actuellement connue : quelques mètres seulement la séparent des premiers bancs frasnien à *Spirifer bouchardi*.

B. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA FAUNE DU DÉVONIEN MOYEN

La longue énumération qui précède donne une idée de l'abondance de la faune du Dévonien moyen. Sont représentés : Spongiaires, Polypiers, Bryozoaires, Brachiopodes, Annélides, Lamelli-branches, Gastéropodes, Céphalopodes (Goniatites, Orthocères, etc.), Trilobites, Ostracodes, Cri-

TABLEAU n° 33
Extension verticale au Zemmour des espèces du Dévonien moyen
(dans leur ordre d'apparition)

Extension verticale au Zemmour des espèces du Dévonien moyen
(dans leur ordre d'apparition)

noïdes, Conularides et Eoptéropodes. La majeure partie des espèces appartiennent aux Polypiers, aux Brachiopodes, aux Trilobites et aux Crinoïdes. Les Lamellibranches sont relativement rares. L'extension verticale des principales espèces, au Zemmour, est donnée dans le tableau n° 33.

La répartition des différents groupes ou classes est nettement en relation avec les faciès (voir tableaux stratigraphiques X à XIV). On distingue trois principaux types d'associations :

Faune néritique : Brachiopodes, Crinoïdes, Trilobites et éventuellement des Polypiers Rugueux ou des Goniates.

Faune subrécifale : Polypiers (Rugueux et Tabulés), Bryozoaires, Brachiopodes (espèces peu nombreuses et banales), Crinoïdes.

Faune récifale : Polypiers et Bryozoaires; Crinoïdes rares.

Les faunes néritiques sont la règle dans le Couvinien inférieur qui est de nature gréseuse (niveaux 69, 74, 75, 77 et 78). Les autres faunes néritiques se trouvent dans le Couvinien supérieur (80), dans le Givetien inférieur (81, 82 et 86) et dans le Givetien supérieur (88).

Les faunes subrécifales se trouvent dans les trois biostromes principaux : le niveau 79 (Couvinien supérieur), les calcaires à Polypiers inférieurs (87) (Givetien inférieur ?) et supérieurs (90) (Givetien supérieur), mais elles existent également dans de petits bancs calcaires intercalés dans les marnes à Calcéoles (85 bis). La faune des marnes à Calcéoles (84 et 85) peut être considérée comme une faune intermédiaire entre le type néritique et le type subrécifal.

Les faunes récifales franches sont beaucoup plus limitées. Elles ne sont pour l'instant connues qu'au récif d'Aïdiate (79), à l'Ouest de Douik Çreier (p. 391-392) et au récif des Gour Aïn Terguit (Sahara espagnol).

Cette alternance au Dévonien moyen, sur une même verticale, de faunes néritiques et de faunes (sub)récifales est intéressante, car elle permet de situer dans l'échelle stratigraphique des faunes qui ne sont souvent connues que dans des provinces différentes. Les faunes récifales dévoniennes ne sont généralement pas suffisantes, à elles seules, pour donner des âges précis. Intercalées avec des faunes de Brachiopodes, Trilobites et Goniates, il devient plus facile de les dater : c'est le cas des calcaires à Polypiers supérieurs, situés entre des niveaux à *Spirifer ascendens* et d'autres à *Spirifer bouchardi*. C'est ainsi que beaucoup d'espèces récifales ou subrécifales citées dans le Couvinien inférieur de la Saoura et d'Ougarta, et dans le Couvinien du Maroc (récif de Ouihalane, calcaires de Mechra Ben Abbou), se trouvent ici situées bien au-dessus de la zone à *W. crispiforme*, dans des niveaux qui, dans la Saoura et au Tafilalet, présentent une sédimentation argileuse à Goniates.

Dans le synclinal de Taoudenni, au-dessus d'un banc à *P. cultrijugatus*, la faune mésodévonnienne est pratiquement concentrée dans un niveau unique où se trouvent associées des espèces habituellement séparées par des dizaines de mètres de sédiments (comm. orale J.R. VILLEMUR, 1959). Ce phénomène se retrouve, moins accentué, sur le bord sud du synclinal de Tindouf (P. GEVIN, 1960 [1958]) où les faunes du Couvinien supérieur et de la base du Givetien sont difficiles à individualiser. Au Zemmour, la minceur du Couvinien supérieur pourrait correspondre à un phénomène identique. En revanche le Givetien y est puissant (220 m au Nord) et les différents niveaux fossilifères y sont bien séparés les uns des autres. Ceci peut permettre l'étude plus approfondie de la répartition d'espèces givetiennes et notamment celle des diverses variétés de Calcéoles (p. 457). Ces caractères généraux de la faune corroborent les conclusions pétrographiques qui mettent en évidence un approfondissement de la mer depuis le Couvinien inférieur jusqu'au Givetien, mais avec des récurrences de faciès moins profonds.

Si les espèces citées ont, en majeure partie, été définies en Europe, et notamment en Ardenne et en Allemagne, certaines, en quantité notable, sont connues en Amérique du Nord et quelques-unes sont uniquement américaines. D. LE MAITRE (1944, 1947, 1950a, 1950b, 1955) a attiré l'attention sur la présence, en Afrique du Nord, d'espèces et de genres américains et en a donné une liste (1952a, p. 27).

Au Zemmour, les principales espèces américaines du Dévonien moyen sont les suivantes :

POLYPIERS : *Microcyclus discus* MEEK et WORTHEN, *Microcyclus intermedius* BASSLER, *Heterophrentis prolifica* BILLINGS, *Aulacophyllum princeps* (HALL), *Siphonophrentis torta* HALL, « *Cystiphyllum* » *sulcatum* BILLINGS, « *Cystiphyllum* » *ohiensis* NICH., *Procteria granulifera* (SCHLÜTER) emend STUMM; **BRACHIOPODES** : *Mucrospirifer mucronatus* (CONRAD), *Cyrtina acutirostris*

SHUMARD, *Athyris spiriferoides* EATON, *Nucleospira concinna* (HALL), *Rhipidomella penelope* (HALL), *R. vanuxemi* (HALL), *Stropheodonta demissa* (CONRAD), *Pholidostrophia nacrea* (HALL), *Tropidoleptus carinatus* (CONRAD), *Chonetes coronatus* (CONRAD), *Productella navicella* (HALL), *Philhedra crenistriata* (HALL).

En revanche d'autres espèces américaines, signalées dans des régions voisines, n'ont pas encore été observées au Zemmour. Ce sont :

a) dans l'Adrar mauritanien (D. LE MAITRE, 1952c) : *Spirifer audaculus* (CONRAD), *Sp. mesacostalis* (HALL), *Rensselandia cordiforme* STAINBROOK, *Chonetes lepidus* HALL, *Ch. setiger* (HALL);

b) dans le synclinal de Taoudenni (J. R. VILLEMUR et J. DROT, 1957) : *Pustulatia pustulosa* (HALL);

c) sur le bord sud du synclinal de Tindouf (P. GEVIN, 1960 [1958]) : *Hadrophyllum orbignyi* M.E. et H., *Michelinia convexa* D'ORB., *Spinocyrtia granulosa* CONRAD, *Cyrtina hamiltonensis* HALL, *Chonetes lepidus* HALL, *Chonetes setiger* (HALL).

La présence relativement fréquente d'espèces à affinités américaines suggère des relations relativement faciles entre les mers d'Amérique du Nord (et d'Amérique du Sud, où existent aussi certaines de ces espèces) et le Nord du continent africain. La situation géographique de ces communications a été envisagée par G. DELÉPINE (1950, 1951); suivant cet auteur, elles se seraient faites par la Mésogée, l'Oural et le Groënland.

Nous rappellerons enfin que la découverte au Zemmour d'espèces définies par D. LE MAITRE dans la Saoura et le Tafilalet élargit la répartition géographique de ces espèces vers le SW et leur extension verticale vers le haut.

C. — DISCUSSION SUR L'ÂGE DES NIVEAUX ET LES LIMITES DES ÉTAGES

Comme toujours, et malgré la richesse de la faune, seuls quelques niveaux donnent un âge précis. Ce sont de haut en bas :

- Niveau 81 — Marno-calcaires à *Werneroceras crispiforme* (base du Givetien).
- Niveau 80 — Marno-calcaires à *Scoliophyllum lamellosum* et *Acrospirifer speciosus speciosus* (Couvinien supérieur).
- Niveau 77 — Calcaires grésilo-silteux à *Paraspirifer cultrijugatus* et *Chonetes* sp. e. g. *plebeius* (Couvinien inférieur).
- Niveau 74 — Siltstones de Tighirt à *P. cultrijugatus* et *Uncinulus lodanensis* (Couvinien inférieur).

D'autres niveaux contiennent des associations de faune qui permettent d'avancer un âge probable :

- Niveau 90 — Calcaires à Polypiers supérieurs à *Calceola sandalina* var. *alta* (Givetien supérieur).
- Niveau 88 — Marnes de l'Amgala à *Spirifer undiferus* et *Spinocyrtia ascendens* (Givetien supérieur).
- Niveau 87 — Calcaires à Polypiers inférieurs à *C. sandalina* var. *lata* (Givetien inférieur).
- Niveaux 82-86 — Marnes à Calcéoles (Givetien inférieur).

C'est entre ces repères sûrs ou probables qu'il faut placer plus ou moins arbitrairement les limites d'étages et de sous-étages :

a) Limite entre l'Emsien et le Couvinien inférieur.

Cette limite n'est pas très précise, en raison de la pauvreté des faunes de cette zone. Elle se situe entre la lumachelle des Oudeï Askaf (66) à *Paraspirifer auriculatus* et *Spirifer paradoxus-pellico* et les siltstones de Tighirt (74) à *P. cultrijugatus* et *U. lodanensis*. Nous avons placé, un peu arbitrairement, la limite au niveau azoïque 67, où débutent les grès de Tighirt *sensu lato*, en englobant dans le Couvinien inférieur le niveau 69 qui contient *Tropidoleptus carinatus* (mais cette

espèce existe dès l'Emsien). Un complément de faune serait nécessaire pour mieux définir la vraie limite.

b) *Limite entre le Couvinien inférieur et le Couvinien supérieur.*

Le niveau 77 (calcaires silto-gréseux) étant très riche en *P. cultrijugatus*, il appartient encore au Couvinien inférieur, alors que le niveau 80, à *A. speciosus speciosus* représente nettement le Couvinien supérieur. Nous avons admis, par commodité, sans argument paléontologique décisif, que la limite entre Couvinien inférieur et supérieur se plaçait au changement de faciès, c'est-à-dire que le biostrome à Cystiphyllidés (79) marquait la base du Couvinien supérieur.

Le récif d'Aïdiate repose sur les niveaux 77-78, mais comme il est décapé de son enveloppe argileuse, on ne peut dire s'il s'est formé entièrement au Couvinien supérieur ou si son édification s'est poursuivie au cours du Givetien inférieur.

c) *Limite entre le Couvinien et le Givetien.*

Si l'on admet la valeur chronologique de *Werneroceras crispiforme* (voir discussion p. 455), la limite se situe entre les niveaux 80 et 81. La présence aux Oudeï Askaf d'autres Goniates givetiennes, vers le haut du niveau 81, confirme cette interprétation, qui est également celle de P. GÉVIN (1960 [1958]) pour le bord sud du synclinal de Tindouf.

Ainsi il s'avère que la puissance du Couvinien supérieur est très réduite (20 m) en comparaison de celle du Couvinien inférieur (150 m) ou de celle du Givetien (220 m) (épaisseurs à Tighirt). La faune du Couvinien supérieur est condensée dans une stampe d'une quinzaine de mètres.

Cette « concentration » des faunes couviniennes est, comme nous l'avons déjà souligné, analogue à ce que l'on observe de façon plus marquée sur le bord sud du synclinal de Tindouf, et surtout dans le synclinal de Taoudenni. Notons toutefois que *Spinocyrtia ostiolata* (SCHLOTH.) qui, en Allemagne et dans l'Ardenne, indique presque le sommet du Couvinien, et qui est abondamment répandu dans les régions voisines (Adrar mauritanien, synclinal de Taoudenni et synclinal de Tindouf) n'a pas encore été signalé au Zemmour.

d) *Limite entre le Givetien inférieur et le Givetien supérieur.*

Même en dehors du Zemmour, cette limite, en l'absence de Goniates, n'est pas toujours bien définie. Nous n'avons pas eu la chance de rencontrer *Maenioceras terebratum* (SANDBERGER), caractéristique du Givetien supérieur (Allemagne, Saoura). *Stringocephalus burtini* DEFR. qui, en Ardenne, est surtout abondant dans le Givetien moyen et supérieur, n'a pas été observé non plus. Un exemplaire du genre a récemment été découvert dans le Dra oriental (H. HOLLARD et J. DROT, 1958).

Nous avons placé la limite entre les niveaux 87 et 88 (entre les calcaires à Polypiers inférieurs et les marnes de l'Amgala) en considérant que la présence de *C. sandalina* var. *lata* (87) serait inhabituelle dans le Givetien supérieur, et en admettant que l'association *Spirifer undiferus* et *Spinocyrtia ascendens* (88) pouvait représenter le Givetien supérieur.

e) *Limite entre le Givetien et le Frasnien.*

Cette limite coïncide avec le brutal changement de faciès : elle se situe entre les calcaires à Polypiers supérieurs (niveau 90) et les siltstones et grès fins (91). Le biostrome à Polypiers contient *Calceola sandalina* var. *alta*, jamais signalée dans le Frasnien, mais en revanche les premiers siltstones ont livré, dans la région des Oudeï Askaf, *Spirifer bouchardi*, espèce nettement frasnienne.

Le niveau 90, biostrome des Polypiers supérieurs, est donc le dernier niveau qui appartienne au Givetien. Nous signalerons toutefois qu'au Nord d'Amgli el Harra, entre les calcaires à Polypiers et les siltstones, apparaissent des lumachelles qui pourraient encore faire partie de cet étage.

Les faunes mésodévonienues du Zemmour permettent donc de reconnaître les principales subdivisions du Dévonien moyen : Couvinien inférieur et supérieur, Givetien inférieur et supérieur. Toutefois l'absence de Goniates ne permet pas d'établir avec précision la limite entre le Givetien inférieur et le Givetien supérieur. Les faunes récifales et subrécifales n'apparaissent qu'au Couvinien supérieur et se poursuivent, en alternance avec des faunes néritiques, pendant tout le Givetien.

CHAPITRE IV

SYNTHÈSE STRATIGRAPHIQUE

A. — LA STRATIGRAPHIE PROPOSÉE POUR LE DÉVONIEN MOYEN DU ZEMMOUR

Sur les tableaux stratigraphiques X à XIV, on retrouvera groupés les résultats des études stratigraphiques, pétrographiques et paléontologiques concernant le Dévonien moyen. Les principales subdivisions stratigraphiques adoptées sont justifiées par l'ensemble des données analytiques. De plus, on trouvera condensée dans le tableau n° 34 cette synthèse générale du Dévonien moyen.

Le choix des limites d'étages et de sous-étages s'appuie, dans la mesure du possible, sur des données paléontologiques, et, lorsque cela n'est pas possible, sur des données lithologiques, telles que des ruptures brutales dans le rythme de sédimentation.

La limite inférieure du Dévonien moyen reste assez mal définie; elle se situe entre la faune à *Acrospirifer paradoxus-pellico* et *Paraspirifer auriculatus* (66), que nous avons attribuée à l'Emsien supérieur, et la faune des siltstones de Tighirt où apparaissent les premiers *P. cultrijugatus* (74) et *Uncinulus lodanensis*, faune franchement couvinienne. Pour des raisons lithologiques, nous avons un peu arbitrairement placé cette limite entre les niveaux 66 et 67, où débute une nouvelle tendance régressive (séquence négative), la faune des grès à *Tropidoleptus* sp. e. g. *carinatus* pouvant aussi bien appartenir au Couvinien inférieur qu'à l'Emsien supérieur. Cette limite est d'ailleurs difficile à suivre au Nord d'Aïdate, du fait de la disparition de la lumachelle des Oudeï Askaf (66).

La séparation entre le Couvinien inférieur et supérieur est à la fois lithologique et paléontologique. Elle correspond avant tout à l'arrêt brutal de la sédimentation détritique, mais également à l'apparition de faunes, d'abord récifales (79) et peu caractéristiques, puis caractérisant nettement le Couvinien supérieur (80). L'appartenance du biostrome à Cystiphyllidés et du bioherme d'Aïdiat (79) au Couvinien supérieur est donc très vraisemblable, mais pas certaine, la faune n'étant pas suffisante pour trancher. A défaut, la limite a été placée entre les niveaux 78 et 79, où se situe la grande discontinuité que nous avons mise en évidence dans le régime de sédimentation.

Les faunes de Brachiopodes, malgré leur abondance, ne permettent pas à elles seules d'identifier en toute certitude la limite entre le Couvinien supérieur et le Givetien inférieur. C'est avant tout sur l'association de Goniatites que s'appuie notre choix de cette limite vers le milieu des marno-calcaires à *Phacops fecundus*. C'est donc une limite purement biostratigraphique, difficile à cartographier, d'où, sur les cartes, la réunion des indices c_3 et g_1 sous la même couleur.

La limite entre le Givetien inférieur et le Givetien supérieur est très imprécise; bien qu'abon-

dantes, les faunes de Brachiopodes sont banales et les faunes de Polypiers peu caractéristiques; les Goniates, notamment *Maenioceras terebratum*, qui seraient nécessaires pour préciser la limite, font totalement défaut. Nous avons vu (p. 466) qu'il y avait des raisons d'attribuer la riche faune de l'Amgala au Givetien supérieur. La limite entre le Givetien inférieur et supérieur a donc été placée arbitrairement à la base des marnes de l'Amgala, au-dessus du biostrome des « Polypiers inférieurs », ceci en l'attente d'arguments paléontologiques meilleurs.

Enfin la limite supérieure du Dévonien moyen est précise; elle est à la fois lithologique et paléontologique. Elle se situe entre les niveaux **90** et **91**, c'est-à-dire entre la disparition des *Calceola sandalina alta* et l'apparition des *Spirifer bouchardi*; c'est à ce moment qu'apparaissent les premiers faciès franchement détritiques (siltstones **91**).

On voit donc que les limites choisies ne sont pas toutes définitives. De nouvelles découvertes de faunes viendront certainement les préciser par la suite.

La stratigraphie du *Couvinien inférieur* n'a été que dégrossie. Les faciès gréseux étant très variables dans ce sous-étage, une étude détaillée serait nécessaire pour bien préciser les relations entre les faciès définis à Tighirt et ceux de Bir Aïdiat. On peut toutefois conclure dès maintenant que les faciès les plus littoraux se situent au Nord (grès les plus grossiers et les plus riches en grains éoliens, abondance des Végétaux (?), diminution de puissance des lumachelles à *P. cultrijugatus*). Les faunes de cette période sont néritiques (Brachiopodes, Crinoïdes). Il semble donc qu'au *Couvinien inférieur*, la mer, tout en étant littorale, soit plus profonde vers le SSW que vers le NNE. Par conséquent la composante de transgression que nous pouvons mettre en évidence le long de la bordure orientale du bassin, reste la même qu'à l'Emsien, c'est-à-dire qu'elle est dirigée vers le NNE. Le *Couvinien inférieur*, par sa faune néritique, ses faciès détritiques, et la direction des transgressions, est bien plus lié à l'Emsien et au Siegenien supérieur qu'au reste du Dévonien moyen.

On sera en droit d'être surpris, dès l'instant où l'on admettra les limites paléontologiques choisies pour le *Couvinien supérieur*, de la puissance réduite que présente ce sous-étage. On notera d'abord que l'extraordinaire concentration de la faune peut s'expliquer par une réduction de la sédimentation, à cette période ainsi qu'à la base du Givetien, ce que semble confirmer l'arrêt de tout apport clastique du continent et l'apparition de faciès récifaux. On pourrait même penser que cette rupture brutale dans la sédimentation entre les deux subdivisions du *Couvinien* correspond à une lacune de sédimentation qui expliquerait l'absence de certaines espèces, si abondantes dans les régions voisines (synclinal de Taoudenni, Adrar mauritanien, synclinal de Tindouf), notamment *Spinocyrtia ostiolata* resté jusqu'ici introuvable au Zemmour. Mais si une telle lacune n'est pour l'instant pas du tout certaine, un ralentissement brutal de l'apport déritique est lui indubitable, et peut suffire à expliquer cette puissance réduite du *Couvinien supérieur*.

La disparition des clastiques et l'apparition des faciès récifaux (biostrome, et surtout bioherme d'Aïdiat), des boues à Eoptéropodes, des alternances rythmiques de marnes et de calcaires, c'est-à-dire l'apparition d'une sédimentation surtout biochimique, sont la preuve d'une sédimentation marine beaucoup moins littorale que précédemment, mais que la nature des faunes montre rester encore sur la plate-forme péricontinentale. Le changement, apparu entre les niveaux **78** et **79**, n'est pas du tout progressif : le *Couvinien supérieur* est donc fortement transgressif sur le *Couvinien inférieur*.

Les premiers termes du Givetien inférieur prolongent cette tendance. On peut donc penser que le maximum de la transgression a eu lieu au *Couvinien supérieur* et à la base du Givetien. C'est d'ailleurs uniquement à la base du Givetien que les Goniates, réputées fossiles pélagiques, atteignent, au Dévonien moyen, le Zemmour (fig. 76).

Ensuite, pendant tout le reste du Givetien, le caractère transgressif apparu au *Couvinien supérieur* ne s'atténue que très lentement, comme le montre l'apparition très progressive des clastiques. Les biostromes à Coraux (et rares Stromatopores) alternent avec les faunes néritiques, ce qui montre que la tendance régressive se fait par à-coups. Au Givetien supérieur, les clastiques redeviennent abondants et variés, mais tout en restant très fins, notamment dans les calcaires silteux de l'Amgala.

L'amincissement des biostromes vers le SSW (comme dans l'Ardenne vers le Nord) indique que les rivages se trouvent dans cette direction et que l'on pourrait s'attendre à trouver, au contraire,

D É V O N I E N M O Y E N

88 - 90	GIVETIEN	90 Zone des "Polypiers supérieurs" à <u>Calceola sandalina</u> var. <u>alta</u>	90	Biostrome de calcaires zoogènes à Polypiers, marnes et calcaires silteux, à <u>Calceola sandalina</u> var. <u>alta</u>
81 - 87	SUPERIEUR	88 - 89 Zone de l'Amgala à <u>Spirifer ascendens</u> <u>Sp. ascendens zemmourensis</u> <u>Neometacanthus stellifer</u>	89	Siltstones calcaires et calcaires silteux de l'Amgala, dits "calcaires de l'Amgala"
		87 "Polypiers inférieurs"	88 bis	Enerinites et lumachelles à <u>Tentaculites zemmourensis</u>
81 - 87	GIVETIEN	Zone des marnes et calcaires à <u>Calceola sandalina</u> var. <u>lata</u>	88	Marnes et calcaires argileux de l'Amgala à <u>Spirifer ascendens</u> , <u>Spirifer ascendens</u> var. <u>zemmourensis</u> , <u>Spirifer undiferus</u> et <u>Neometacanthus stellifer</u>
			87 bis	Biostrome de calcaires zoogènes silteux à Polypiers
			86	Faciès gréseux des Oudef Askar
			85 bis	Marnes à <u>Glossostrophia caudata</u>
			85	Bancs de calcaires à Polypiers (interstratifiés dans 85)
79 - 80	COUVINIEN	Zone des marno-calcaires à <u>Wernerocera crispiforme</u>	85	Marnes à <u>Calceola sandalina</u> var. <u>lata</u> (<u>sensu stricto</u>)
			84	Marnes à <u>Calceola sandalina</u> var. <u>lata</u> (forme naine)
			83	Marnes à <u>Gypidula chouberti</u>
			82	Marnes à faune naine à <u>Productella</u> sp. e.g. <u>navicella</u>
			81	Marno-calcaires à <u>Werneroceras</u> <u>crispiforme</u>
67 - 78	SUPERIEUR	Zone des marno-calcaires à <u>Scolioophyllum lamellosum</u> et <u>Acrospirifer speciosus speciosus</u>	80	Phacops <u>fecundus</u> Marno-calcaires à <u>Scolioophyllum lamellosum</u> et <u>Acrospirifer speciosus speciosus</u>
			79	Biostrome à <u>Cystiphyllidés</u> et bioherme d'Aidiate
			78	Siltstone et grès fin à patine noire à empreintes de <u>Mucrospirifer</u> sp., de <u>Crinoides</u> , <u>Tentaculites</u> et <u>Plantes</u> (?)
			77	Calcaires grés-silteux et grès et siltstones calcaires chamais en plaquettes, à <u>Paraspirifer cultrigatus</u> et <u>Chonetes</u> sp. e.g. <u>plebeia</u>
			76	Grès et siltstones friables supérieurs de Tighirt
67 - 78	COUVINIEN	Zone des grès de Tighirt <u>sensu stricto</u>	75	Grès-quartzites de Tighirt à <u>Mucrospirifer</u> sp. et à <u>Plantes</u> (?)
			74 bis	Petits lits calcaires à Trilobites (<u>Scutellum dormitzeri</u>)
			74	Siltstones de Tighirt, friables, verts, à <u>Paraspirifer cultrigatus</u> , <u>Uncinulus lodanensis</u> , <u>Rhipidomella penelone</u> et <u>Gyathocrinites pinnatus</u>
			70-73	Conglomérats à nodules phosphatés et grès grossier associé
			67-69	Siltstones et grès; grès à <u>Tropidoleptus</u> sp. e.g. <u>carinatus</u> à Aidiate

TABLEAU n° 34

Série stratigraphique du Dévonien moyen du Zemmour

des biohermes dans la direction opposée, au Nord d'Amgli el Harra. L'existence de faciès grésosilteux vers le Sud, à partir des Oudeï Askaf, le suggère également.

Toutes ces données conduisent à l'idée d'une transgression générale à partir du Couvinien supérieur, transgression se maintenant pendant tout le Givetien avec une légère et progressive tendance à la régression, qui annonce la sédimentation détritique frasnienne. La composante de transgression que nous pouvons mettre en évidence, en bordure du bassin actuellement conservé, est dirigée vers le NNE, c'est-à-dire de sens opposé à ce que nous savons de la transgression de l'Emsien supérieur et du Couvinien inférieur. On retiendra donc surtout qu'à la grande coupure lithologique et faunistique mise en évidence entre le Couvinien inférieur et supérieur, correspond un renversement des composantes de directions transgressives le long de la bordure orientale du bassin du Zemmour. Nos connaissances actuelles sur les faciès mésodévonien vers l'Ouest du bassin sont encore insuffisantes pour préciser les directions exactes de ces transgressions.

B. — CORRÉLATIONS AVEC LES RÉGIONS VOISINES

Il devient plus aisé, au Dévonien moyen, d'établir des corrélations entre le Zemmour et les régions voisines, par suite de l'abondance généralisée des faunes. Les faciès étant assez uniformes au cours de cette période, il me paraît préférable de grouper en une seule rubrique les corrélations avec le Maroc, l'Algérie et le Sahara algérien.

1° Corrélations avec l'Afrique du Nord et le Sahara algérien

Dans tout ce vaste domaine, qui s'étend de la Méséta marocaine au synclinal de Taoudenni, et du Zemmour au Tadrart, le Dévonien moyen offre un caractère transgressif bien marqué. Aux faciès à dominance gréseuse du Dévonien inférieur, font suite des faciès surtout argilo-calcaires ou schisteux; les faciès récifaux sont abondants dans certaines zones; les faciès gréseux deviennent au contraire rares.

Mais, comme toujours lors d'une transgression générale, le phénomène n'apparaît pas partout

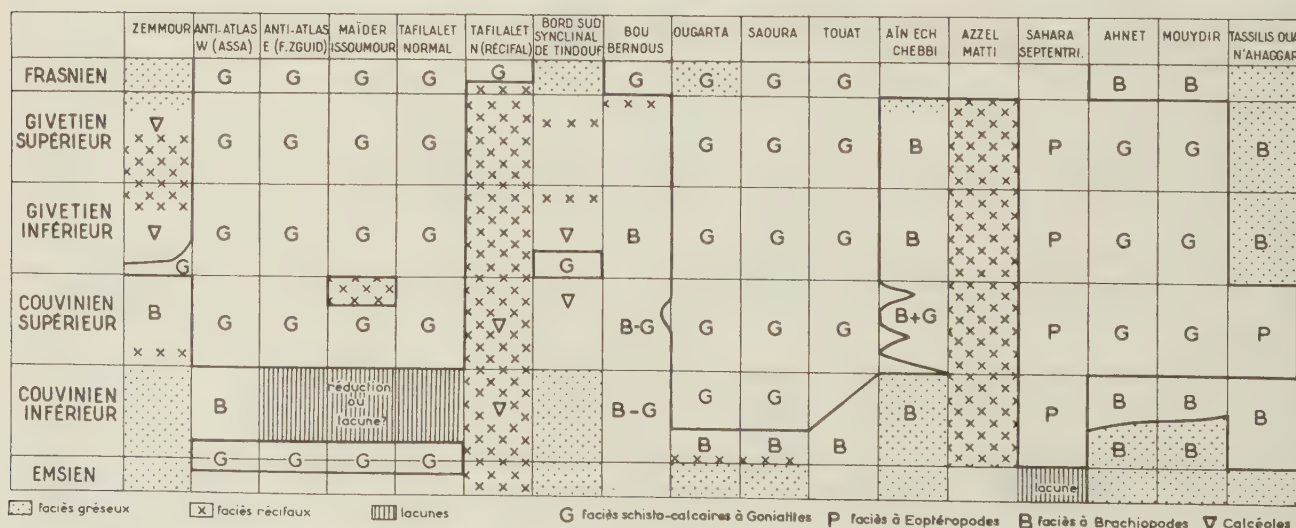


FIGURE 76. — Répartition des faciès du Dévonien moyen et du Frasnien au Sahara

en même temps. Dans certaines régions comme l'Anti-Atlas et la Saoura, il est précoce (Emsien supérieur, Couvinien inférieur), dans d'autres il est plus tardif (Couvinien supérieur au Zemmour, Givetien au Fezzan). C'est pourquoi l'interprétation des associations de faune doit être menée avec une extrême prudence, car les espèces à assez grande extension verticale se rencontreront dans des niveaux stratigraphiques différents mais offrant les mêmes faciès, c'est-à-dire ayant eu les mêmes conditions de sédimentation. C'est ainsi qu'*Anarcestes lateseptatus plebeius* existe dans le Couvinien inférieur de la Saoura, alors qu'au Zemmour il n'apparaît qu'à la base du Givetien. De même *Calceola sandalina sandalina* (= *lata*), couvinienne à Mechra Ben Abbou et à Ouihalane d'après D. LE MAITRE, est surtout givetienne sur le bord sud du synclinal de Tindouf (P. GEVIN, 1960 [1958]) et uniquement givetienne au Zemmour. Enfin les Polypiers signalés ou définis par D. LE MAITRE dans le Couvinien inférieur de la Saoura (*Caliopora chouberti*, *Procteria granulifera*, *Striatopora magna*, *Triplophyllum djemellense*, etc.) se retrouvent nettement plus tard sur le bord sud du synclinal de Tindouf ou au Zemmour.

a) Répartition des faciès :

Dans tout ce vaste ensemble, on observe au Dévonien moyen quatre faciès principaux :

- a) faciès gréseux et lumachelique;
- b) faciès marno-calcaire néritique à faune de Brachiopodes (et accessoirement Polypiers, Trilobites, Crinoïdes);
- c) faciès calcaire récifal ou subrécifal à Coraux et Stromatopores (et accessoirement Bryozoaires, Crinoïdes, Brachiopodes, Gastéropodes);
- d) faciès marno-calcaire ou argileux à Goniatites et Eoptéropodes (et accessoirement Lamellibranches et Orthocères).

La figure 76 montre la répartition de ces différents faciès depuis le Couvinien inférieur jusqu'au Givetien supérieur.

Les faciès gréseux, abondants à l'Emsien, sont rares au Dévonien moyen : on les rencontre à la base du Couvinien inférieur du Mouydir et de l'Ahnnet et jusqu'à l'Aïn ech Chebbi (Est de Reggane), ainsi que dans tout le Couvinien inférieur, au Zemmour et sur le bord sud du synclinal de Tindouf (grès et grès calcaires à *P. cultrijugatus*). H. HOLLARD (1958) signale encore 10 m de grès calcaireux à *Pinacites jugleri* (Couvinien supérieur) dans l'Ouest des plaines du Dra (Assa), mais il s'agit d'un faciès comportant des Goniatites.

Au Givetien inférieur, les grès deviennent exceptionnels dans le domaine envisagé, tant la transgression prend un caractère général. On en signale cependant quelques bancs dans la Saoura vers le sommet du sous-étage. Le Givetien supérieur reste également marno-calcaire ou argileux presque partout. Toutefois, au Zemmour et à l'Aïn ech Chebbi, une tendance gréso-silteuse se fait sentir vers la fin de l'étage, annonçant l'apparition des grès frasnien du Zemmour, du Pays Mechem et de la région d'Ougarta.

Le Givetien franchement gréseux existe cependant à Bir ould Brini, dans les Tassili-Oua-N'Aghgar et sans doute dans d'autres régions périphériques, où la faune ne permet pas de le caractériser. En résumé, les faciès gréseux disparaissent généralement avec l'Emsien. Ils ne se maintiennent au Couvinien que dans les régions méridionales. Ils réapparaissent enfin au sommet du Givetien ou à la base du Frasnien, mais en quelques points seulement.

Le faciès marno-calcaire à Brachiopodes est surtout répandu à la base du Dévonien moyen, c'est-à-dire au Couvinien inférieur : couches à *P. cultrijugatus* et *U. lodanensis* de l'Ouest de l'Anti-Atlas, marnes à Brachiopodes du Couvinien de Bou Bernous, base du Couvinien d'Ougarta, de la Saoura et du Touat, Couvinien inférieur de l'Ahnnet, du Mouydir et des Tassili-Oua-N'Aghgar. Ce faciès devient plus rare au Couvinien supérieur et au Givetien, où la transgression est plus accusée. Il est particulièrement rare au Givetien supérieur, ce qui peut expliquer la rareté des Stringocéphales dans tout le Nord de l'Afrique; dans l'Anti-Atlas, où cependant H. HOLLARD et J. DROT (1958) ont signalé un *Stringocephalus*, ce faciès disparaît dès le Couvinien supérieur. Il subsiste toutefois au Zemmour, où l'on trouve de belles faunes de Brachiopodes givetiennes, ainsi que dans la Méséta marocaine, sur le bord de l'Ougnat, au Pays Mechem, à Bou Bernous, à l'Aïn ech Chebbi et, enfin, dans l'Azzel Matti où le faciès est un faciès récifal particulier à Brachiopodes et sans Polypiers.

Les faciès récifaux sont plus localisés, quoique bien développés dans certaines régions privilégiées. Au Tafilalet notamment, des faciès récifaux (puissance 200 m) persistent pendant tout le Dévonien inférieur et moyen (H. HOLLARD, 1958). Des récifs y ont été décrits, notamment le récif couvinien de Ouhilane (D. LE MAITRE, 1947). On en connaît également au Maroc occidental (Méséta marocaine), dans le Gourara, et surtout dans l'Azzel Matti où ils occupent, comme dans certaines zones récifales du Tafilalet, toute la période du Dévonien moyen; certains récifs, d'une hauteur de 60 m, y atteignent 10 km de longueur (B.R.P., 1956).

Des faciès à tendance récifale apparaissent également à la base du Couvinien inférieur d'Ougarta et de la Saoura, où ils constituent un banc coralligène de 5 m de puissance sous le banc à *Spirifer cultrijugatus*. Mais dans cette région, le faciès récifal, apparu très tôt, disparaît ensuite définitivement. Dans le Maïder, on connaît aussi des faciès récifaux au-dessus de la zone à *Pinacites jugleri*, au sommet du Couvinien supérieur.

Tout le long du bord sud du synclinal de Tindouf, existe dans le Givetien un biostrome, d'abord mince à Bou Bernous, qui vers l'Ouest se subdivise en deux biostromes principaux, d'ailleurs peu puissants (P. GEVIN, 1960 [1598]) et qui se poursuivent au Sahara espagnol. Au Zemmour, les biohermes, en nombre très réduit, sont connus à la base du Couvinien supérieur : les biostromes sont plus largement développés, d'abord dans le même niveau, et surtout au Givetien, où ils correspondent vraisemblablement à ceux du synclinal de Tindouf.

Mais le faciès des marno-calcaires, marnes et argiles à *Goniatites* est de loin le plus répandu. Dans l'Anti-Atlas, le Maïder et le Tafilalet, il débute très tôt, par des calcaires plus ou moins marneux à Anarcestidés, sous les couches à *P. cultrijugatus* et *U. lodanensis* d'Assa; considérés jusqu'à ces derniers temps comme représentant la base du Couvinien (G. CHOUBERT, 1952a, p. 120; H. HOLLARD et P. JACQUEMONT, 1958 [1956], p. 15), H. HOLLARD (1958) tend à placer maintenant ces calcaires au sommet de l'Emsien, étant donné leur situation au-dessous des niveaux à *P. cultrijugatus* et leur analogie avec les calcaires de Chýnice en Bohême. C'est également au Couvinien inférieur que débudent les faciès à *Goniatites* de la Saoura, qui se poursuivent jusqu'à la zone VI du Famennien.

Dans l'Anti-Atlas, le Maïder et le Tafilalet, les faciès à *Goniatites* persistent pendant tout le Dévonien moyen et au-delà. Toutefois, d'après H. HOLLARD (1958), le Couvinien inférieur de l'Ouest du Dra (200 m) est un faciès à Brachiopodes, tandis qu'à l'Est il présente, sinon une lacune, tout au moins une réduction d'épaisseur considérable, la véritable transgression ne débutant vraiment qu'avec la zone à *P. jugleri* (Couvinien supérieur).

Dans l'Ahnnet et le Mouydir, les faciès à *Goniatites* débudent par des calcaires au Couvinien supérieur et se poursuivent par des argiles pendant tout le Givetien. Dans le Nord du Sahara, les sondages pétroliers ont mis en évidence, sous la couverture mésozoïque, un Couvinien supérieur et un Givetien marno-calcaire à Eoptéropodes. Ce faciès à Eoptéropodes, qui va de pair avec le faciès à *Goniatites*, atteint même vers le SE, au Couvinien supérieur, le Tassili-Oua-N'Aghaggar.

Dans les régions « marginales », les faciès à *Goniatites* ne pénètrent que de façon intermittente dans le domaine des faciès à Brachiopodes, et souvent on y trouve les *Goniatites* mélangées à des faunes de Brachiopodes : c'est le cas par exemple pour le Dévonien moyen de Teghazza, le Couvinien de Bou Bernous, le Couvinien supérieur de l'Aïn ech Chebbi, le Givetien inférieur du pays Mechem et du Zemmour.

Pour compléter cette répartition des faciès, il est utile de signaler également les endroits où le Dévonien semble ne pas s'être déposé. Ces zones sont rares et ne sont vraiment connues avec certitude qu'au Maroc. C'est le cas notamment de la zone côtière marocaine entre Agadir et Foucauld : dans la région d'Agadir, le Dévonien supérieur semble seul exister; dans la région de Foucauld, le Dévonien supérieur est directement transgressif sur le Dévonien inférieur (M. GIGOUT, 1951). D'après E. ROCH (1950), le Rif et la Moulouya étaient également des zones émergées.

b) Puissances des sédiments :

Les données actuellement publiées sont encore trop incomplètes ou trop entachées d'incertitude pour permettre l'établissement d'une bonne carte d'isopaques des différents sous-étages du Dévonien moyen. Toutefois la comparaison des puissances de l'ensemble du Dévonien moyen suffit

à montrer que la répartition des faciès n'est pas directement en relation avec l'épaisseur des sédiments déposés.

La notion de *sillon de la Saoura* a été définie par N. MENCHIKOFF (1930, p. 77), pour le Dévonien supérieur, et concerne une zone allant du Maroc central au Bas-Touat, en passant par le Tafilalet, les chaînes d'Ougarta et du Gourara. Effectivement, la puissance du Dévonien supérieur y est considérable (1 300 m à l'Aïn ech Chebbi, à l'Est de Reggane; 1 100 m au km 30 dans la Saoura, dont 1 000 m pour le seul Famennien, d'après G. PETTER, 1959, p. 21). Mais la généralisation de cette notion de « sillon de la Saoura » à la période du Dévonien moyen (N. MENCHIKOFF, 1932) pourrait conduire le lecteur non averti à penser que, dès cette époque, régnait dans ces régions une importante subsidence. Or la comparaison des puissances du Dévonien moyen dans les différents secteurs montre qu'il n'en est rien. En effet, si dans la Saoura le Dévonien moyen atteint 150 m, il peut présenter dans d'autres régions de plus fortes puissances : 150 à 250 m sous la couverture mésozoïque du Sahara septentrional (sondages pétroliers), 260 m dans les chaînes d'Ougarta, 320 m à l'Aïn ech Chebbi, 360 m dans le Touat, 280 m dans la partie orientale de l'Anti-Atlas, 300 m dans sa partie occidentale. La puissance maximale connue, 400 m, semble atteinte dans le Nord du Zemmour, mais nous avons vu que cette valeur est peut-être dépassée plus au Nord, à l'Est de Smara.

Cette puissance relativement faible du Dévonien moyen de la Saoura apparaît encore de façon plus saisissante lorsqu'on ne considère que le seul Couvinien inférieur, qui n'atteint, selon D. LE MAITRE (1952a, 1952b), qu'une dizaine de mètres dans la Saoura et une vingtaine dans la région d'Ougarta, alors qu'il fait 200 à 250 m dans la partie occidentale de l'Anti-Atlas et 180 m au Zemmour.

Au Dévonien moyen, et notamment au Couvinien inférieur, ce n'est donc pas dans le « sillon de la Saoura » que se sont accumulés les sédiments les plus puissants, mais plutôt dans le secteur s'étendant du Bas Dra au Zemmour. C'est dans cette région que la subsidence était la plus intense, bien que les faciès à Brachiopodes y aient régné partout pendant le Couvinien inférieur et s'y soient maintenus, dans la partie sud, pendant tout le reste du Dévonien moyen.

c) Paléogéographie (fig. 77).

Le faciès marno-calcaire ou schisteux, à Goniates et à Eoptéropodes, est considéré classiquement comme pélagique. La répartition géographique des différents faciès sur le Nord de l'Afrique montre que c'est effectivement bien le faciès le plus éloigné des rivages, dont il est séparé par les faciès calcaires récifaux, les faciès marno-calcaires à Brachiopodes et les faciès gréseux.

Le faciès à Goniates et Eoptéropodes s'étale sur quatre domaines principaux :

- 1° le Maroc central, l'Adrar N'Gout, le Pays de Skoura;
- 2° le bassin du Dra et de l'Anti-Atlas, le sud du Maïder et du Tafilalet;
- 3° la Saoura, le Touat, le Tidikelt, l'Ahnet et le Mouydir;
- 4° le Nord du Sahara central (où l'érosion anté-triasique a fait disparaître une bonne partie du Dévonien).

Enfin vers le Sud, ce faciès a atteint le Tassili-Oua-N'Aghgar au Couvinien supérieur.

Le problème de la liaison entre ces différents domaines n'est pas encore bien éclairci : l'absence d'affleurements dans la chaîne de l'Anti-Atlas proprement dite fait qu'il est difficile de dire si des communications existaient entre le domaine à Goniates du Dra et celui du Massif central marocain. La plupart des auteurs pensent qu'une zone émergée séparait les deux domaines. Des faciès récifaux, sur les deux bords de l'axe Sarrho-Ougnat, les isolaient, tout au moins dans cette région.

La mer à Goniates du Maroc central, comprise entre les terres émergées de l'Ouest, du Rif et de la Moulouya, communiquait avec le sillon de la Saoura par le détroit de l'Ayachi (E. ROCH, 1950), situé entre les faciès récifaux du Tafilalet et la zone émergée de la Moulouya. Vers l'Est, les faciès à Goniates ou Eoptéropodes sont connus jusqu'au Sud de Laghouat, où le Dévonien moyen est directement transgressif, à Bordj Nili, sur le Gotlandien, ce qui annonce l'existence de rivages plus au Nord.

Les communications entre les domaines à Goniates du Dra et de la Saoura étaient peut-être plus faciles au Dévonien moyen qu'on ne l'admet généralement. En effet, entre les deux domaines, des faciès à Goniates sont également connus au Dévonien moyen, notamment dans l'anticlinal

du Zemmoul et dans la fenêtre de Tinfouchy. Les faciès compris dans le triangle Tinfouchy-Ougarta-Touat sont masqués par des recouvrements récents (Hamada de la Daoura, Hamada Tounassine). Il est donc possible que les relations entre les deux domaines à Goniaticites du Dra et de la Saoura se soient effectuées par cette région.

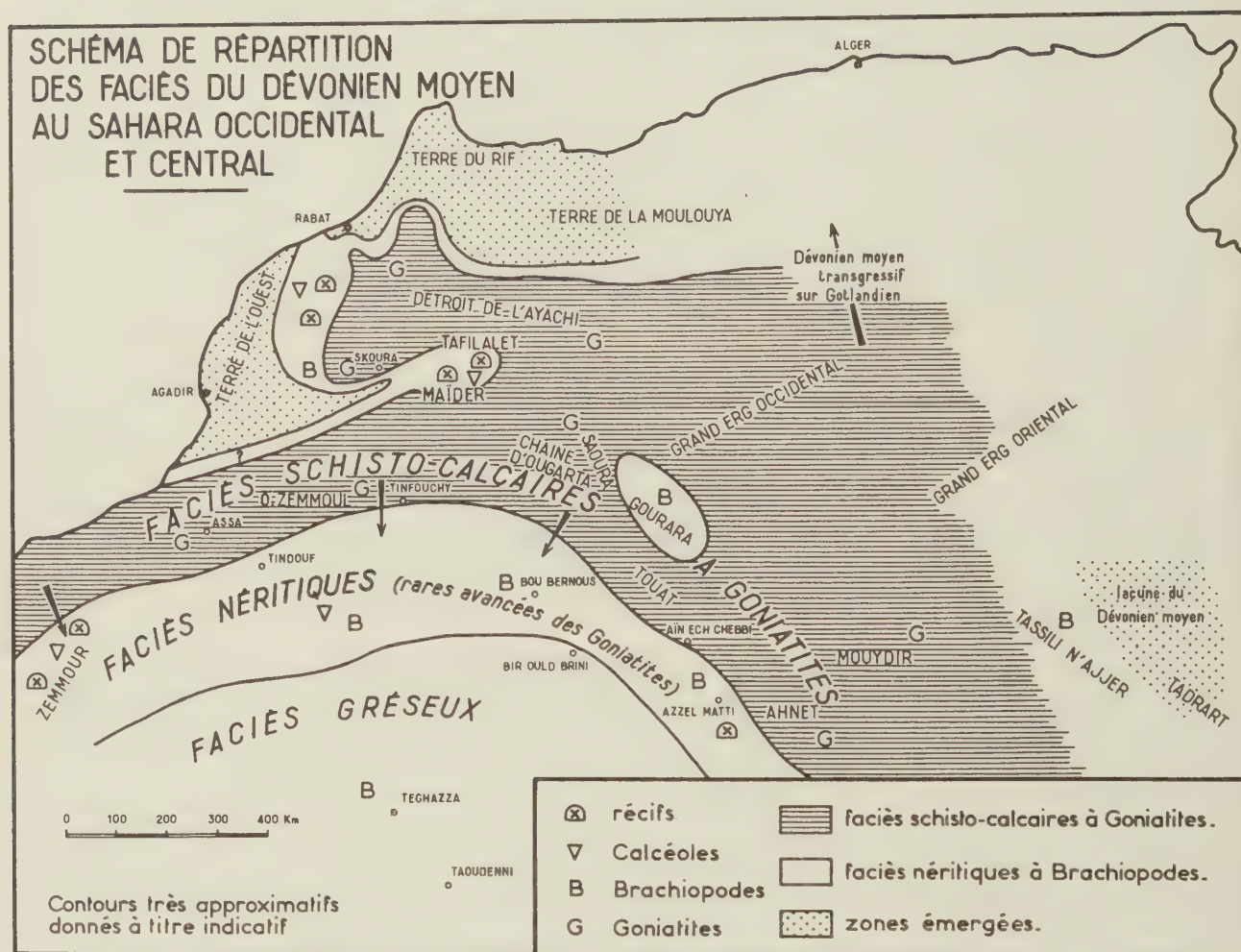


FIGURE 77

Au Dévonien moyen, la mer à Goniaticites semble donc s'être étendue, non pas dans un sillon étroit, mais sur une grande surface comprenant toutes les plaines du Dra, le Massif central marocain, la région sud-atlasique de Colomb-Béchar à Laghouat, la Hamada de la Daoura, les chaînes d'Ougarta, la Saoura, le Touat, l'Ahnet et le Mouydir. Les terres émergées semblent avoir été rares dans l'ensemble envisagé, tant la transgression avait un caractère général. Elles existaient dans le Nord et l'Ouest du Maroc et se prolongeaient peut-être en Algérie. Mais des faciès côtiers à Brachiopodes et des récifs de Coraux séparaient la mer à Goniaticites des rivages, notamment dans la Méséta marocaine, les bordures septentrionales et méridionales de l'Ougnat, dans le Maïder et le Tafilalet. Ces faciès à Brachiopodes et à Polypiers se sont étalés plus largement encore, au Sud de la mer à Goniaticites, et ont même atteint l'Adrar mauritanien et le synclinal de Taoudennî. A l'Est, dans le Tassili N'Ajjer, une zone marine peu profonde à Brachiopodes séparait également le Tadrart émergé, de la mer à Goniaticites du Mouydir. Les faciès à Brachiopodes (*Spirifer ascendens*) ont même atteint le Fezzan au Givetien (thèse J.-M. FREULON, 1959). Au milieu de la mer à Goniaticites,

tienne, située au-dessus de la zone à *Werneroceras crispiforme*, alors que J. R. VILLEMUR, dans le synclinal de Taoudenni, la trouve associée à *Sp. speciosus speciosus*.

Les renseignements sur ces régions sont encore trop fragmentaires pour permettre de tenter une reconstitution paléogéographique. On dira simplement que ce domaine était occupé au Dévonien moyen par une mer très peu profonde, où se déposaient des faciès calcaires peu épais, à Brachiopodes.

C. — CORRÉLATIONS AVEC L'EUROPE

Les affinités entre les faunes du Zemmour et les faunes classiques d'autres domaines (Europe, Etats-Unis, Asie) ont été analysées lors de l'étude paléontologique du Dévonien moyen (p. 435 à 471). Nous avons vu que si, à cette période, les affinités avec les faunes américaines s'affirmaient, c'était encore avec l'Europe occidentale que les ressemblances étaient les plus frappantes. Nous avons noté des analogies, dans les associations de faune, avec le Devonshire, la Bretagne, l'Anjou, le Boulonnais, les Pyrénées, les Asturies et le Léon. Mais c'est encore avec l'Ardenne et l'Eifel que les relations se sont avérées les plus étroites. Au Dévonien moyen, les deux domaines se trouvaient placés dans une position analogue, entre une mer à Céphalopodes au large, et un continent qui se laissait progressivement envahir, par le Sud pour l'Ardenne et l'Eifel, par le Nord pour le Zemmour. Dans les deux cas, des faciès argilo-calcaires à Brachiopodes font suite aux grès et grauweekes du Dévonien inférieur, et les faciès schisteux à Goniatites ne font que de rares incursions. Enfin dans certaines zones, des récifs (biostromes et biohermes) couvrent le fond de ces mers épicontinentales.

Grâce aux déterminations des faunes, dont le mérite revient plus particulièrement à M^{lles} J. DROT et D. LE MAITRE, à M^{me} G. PETTER et à M. J. PILLET, il est dès maintenant possible de proposer un essai de corrélation entre les stratigraphies classiques d'Europe et celle établie pour le Zemmour. C'est l'objet du tableau n° 36. Toutefois nous avons estimé que les faciès et les faunes de Bohême étaient trop différents de ceux du Zemmour pour qu'il y ait lieu de les reporter sur ce tableau.

	V E N D E E	A N J O U	B O U L O N N A I S	A R D E N N E (bord sud du synclinal de Dinant)
FRASNIEN		Calcaire de Cop-Choux	Calcaire de Ferques Schistes de Beaulieu	ASSISE DE FROMELENNES F ₁
GIVETIEN SUPERIEUR	Calcaire de la Ville Dé d'Ardin à		Calcaire de Blacourt	CALCAIRES DE GIVET { G _{1d} Calcaire à <u>Hexagonaria</u> <u>quadrigemin</u> Stromatopores et Stringocéphales G _{1c} Schistes et calcaires argileux à <u>Spirifer mediotextus</u>
GIVETIEN INFERIEUR	<u>Stringoce-</u> <u>phalus</u> <u>burtini</u>		Psammites à plantes Poudingue de Caffiers	G _{1b} Calcaires à <u>Stringocephalus burtin</u> Ostracodes et Stromatopores G _{1a} Schistes et calcaires argileux à <u>Spirifer undiferus</u>
COUVINIEN SUPERIEUR		Schistes de Liré et Calcaires de	oooooooooooooooooooooooooooo	ASSISE DE COUVIN { Co _{2d} Calcaires et schistes à <u>Spyrocera</u> à <u>nodulosum</u> Co _{2c} Schistes à <u>Spinocyrtia ostiolata</u> <u>Calceola sandalina</u> Co _{2b} Calcaires stratifiés et lenticula et res (récifs) à Stromatoporoïdes <u>Uncinulus</u> et <u>Heliolites porosus</u> (= calcai <u>paralle-</u> à Calcéoles) <u>lepipedus</u> Co _{2a} Schistes à <u>Spirifer speciosus</u>
COUVINIEN INFERIEUR		Pont-Maillet Chaufonds Chalonnnes		ASSISE DE BURE { Co _{1c} Calcaires argileux à <u>Ptychospira</u> à <u>parvula</u> Co _{1b} Schistes calcareux à <u>Uncinulus</u> <u>Spirifer cultriju-</u> <u>orbignyanus</u> <u>gatus</u> et <u>Uncinulus</u> Co _{1a} Grauwacke à <u>Spirifer cultrijugatu</u> <u>orbignya-</u> et <u>Stropheodonta piligera</u> <u>nus</u>

TABLE
Essai de corrélations entre les formations mésodév

M A S S I F S C H I S T E U X R H E N A N faciès de l'Eifel		Z E M M O U R	
ADORFER Stufe		MANTIOCERAS Stufe	
STRINGO- CEPHALEN Stufe	(Schönecker Dolomit	STYLIOLINEN Schiefer	91 Siltstones à <u>Spirifer bouchardi</u>
	Fleringer Schichten		90 "Polypiers supérieurs" à <u>C. sandalina alta</u>
	(Rommersheimer Sch.		88-89 Zone de l'Amgala à <u>Sp. ascendens</u>
CALCEOLA Stufe	(<u>Ostiolatus</u> Horizont	OBERE à <u>Pinacites</u> WISSEN- <u>jugleri</u> BACHER et <u>W. ruppachense</u> Schiefer	82-87 Zone à <u>Calceola sandalina lata</u> ("Polypiers inférieurs" et marnes à Calcéoles)
	Gondelsheimer Sch. Nohner Schichten		81 Marno-calcaires à <u>Werneroceras crispiforme</u>
Obere CULTRI- JUGATUS Stufe		Untere WISSEN- à <u>Anarcestes</u> BACHER <u>lateseptatus</u> Schiefer	
Laucher Schichten		67-78 Grès de Tighirt <u>sensu lato</u> à <u>Spirifer cultrijugatus</u> et <u>Uncinulus lodanensis</u>	

ut n° 36
niennes du Zemmour et celles d'Europe occidentale

SIXIÈME PARTIE

LE DÉVONIEN SUPÉRIEUR

INTRODUCTION

Historique.

Le Dévonien supérieur a été observé pour la première fois dans la partie occidentale du synclinal de Tindouf en 1925 par N. MENCHIKOFF, à Oum el Guetta, au SW de Tindouf. Cet auteur y signale (1930, p. 32) un *Spirifer* ayant des affinités avec *Spirifer mucronatus*, au-dessous d'une faune à *Spirifer* cf. *verneuili*, *Athyris concentrica*, *Streptorhynchus crenistria*, *Chonetes* sp., etc. Il semble que ces affleurements appartiennent à un Néodévonien très supérieur ou plutôt même déjà au Strunien (1). La formation est ensuite signalée en 1936 dans le Pays Mechem, au sommet de la « série schisto-calcaire de la Daïa el Aam », par F. JACQUET qui y a reconnu *Spirifer verneuili*, *Leptaena rhomboidalis* et *Schizophoria striatula*.

Mais au Zemmour proprement dit, en l'absence de faune, l'existence du Dévonien supérieur est encore restée problématique pendant quelques années. En novembre 1936, F. JACQUET attribue au Dévonien supérieur les grès massifs azoïques et les calcaires à Stromatolithes de l'Ouest du Zemmour (il s'agit vraisemblablement des formations gréseuses et carbonatées des chaînes de Dhlou et de la Guelta du Zemmour). En 1937, il écrit cependant : « les coupes du Zemmour ne dépassent pas le Dévonien moyen ». Ceci semble quelque peu en contradiction avec son interprétation précédente, d'autant plus qu'il précise dans la même note que l'on observe sur l'Antécambrien une série de calcaires à Stromatolithes en tout point comparable à celle de l'Adrar et du Hank.

En 1942 (p. 61), N. MENCHIKOFF et M. NICKLÈS, dans une note posthume des travaux de F. JACQUET, mettent en doute cette attribution au Dévonien supérieur des grès sans fossiles et des calcaires à Stromatolithes de la région ouest. Il semble bien que F. JACQUET n'ait jamais eu l'occasion d'observer, lors de ses itinéraires au Zemmour, les véritables grès néodévonien.

En 1945, M. ALIA MEDINA signale dans la région d'El Farsia (début du cours de la Segua el Hamra) des affleurements « qui semblent correspondre au Dévonien supérieur ». Cet auteur (1949b, pp. 317-319) conserve pour l'Ouest du Zemmour la même interprétation que F. JACQUET : il attribue, de façon hypothétique en l'absence de faune, les formations des chaînes de Dhlou (Dolod) et de Tiguelelaten au Dévonien supérieur. Dans le même ouvrage (p. 319), il signale toutefois la découverte, dans des schistes noirs, d'un gisement fossilifère situé aux abords de l'Oued Aqualine et de la piste de la Guelta, dans lequel il a reconnu : *Zaphrentis gigantea*, *Spirifer* aff. *bouchardi*, *Retzia adrieni* et *Streptorhynchus crenistria*. Il semble bien que ce soit là la première faune néodévonienne à avoir été signalée dans le Zemmour méridional (en un point qui se situe vraisemblablement un peu à l'Ouest de l'Oued Timellouza).

(1) Opinion confirmée in litt., janvier 1960, par P. GEVIN.

De plus, c'est encore à M. ALIA MEDINA que l'on doit la connaissance du Dévonien supérieur qui s'étend largement dans la région de Smara, et rejoint sans discontinuité celui de Mecaïteb et d'El Farsia, en passant par Khang Sekkoum et l'Oued Lekhcheïbi. Cet auteur (1949a, p. 51-55) est le premier à donner une description des faciès de cette région (argiles, grès et bancs calcaires), dans lesquels il a rencontré une faune indiquant surtout l'existence du Frasnien, et comportant notamment : *Spirifer verneuili*, *Spirifer mucronatus*, *Rhynchonella elliptica*, *Pterinea neptuni*. Toutefois, il semble que la faune à *Leptaena rhomboidalis* et *Pentamerus brevirostris* qu'il a relevée entre les oueds Tazoua et Askaf, doive être rapportée aux formations du Givetien supérieur (zone de l'Amgala), comme me l'ont suggéré, en 1959, des observations de terrain, malheureusement trop rapides.

Enfin, dans la partie mauritanienne, il semble bien que jusqu'ici le Dévonien supérieur n'ait encore jamais été signalé. Je l'ai mentionné pour la première fois en 1951, dans un rapport inédit de la Direction des Mines de l'A. O. F., mais il n'a fait l'objet jusqu'ici d'aucune publication.

Zones d'affleurements.

Le Dévonien supérieur du Zemmour n'affleure de façon étendue que dans la région nord. Dans la zone monoclinale, il ne dépasse pas, vers le Sud, Bou Dreïga (au NW de Tighirt). Il s'étale en revanche très largement dans la région de Smara.

1° Affleurements de la zone monoclinale de l'Est

Cette zone occupe toute la région située à l'Est de Smara, entre les oueds Tazoua et Selouan. Elle est large d'une vingtaine de kilomètres. Elle est encore plus étalée vers le Nord. Au contraire, en allant vers le Sud, elle se rétrécit progressivement, et n'a plus, vers le 26° parallèle qu'une largeur de 3 km environ à Amgli Zguilma et de 2 km à la latitude de l'Oued Amgli el Harra. Elle se termine en pointe au Sud, entre Amgli Lebgar et Bou Dreïga, par une dernière petite butte-témoin. Les couches plongent en général de 0 à 10° vers l'WNW. C'est donc au Sahara espagnol que le Dévonien supérieur non plissé affleure le mieux et c'est là qu'il y aurait lieu d'entreprendre ultérieurement son étude de détail.

2° Affleurements de la zone plissée (zone structurale de Douik el Akhdhar)

C'est dans la zone structurale de Douik el Akhdhar (définie p. 38) que se trouve la majeure partie des affleurements de Dévonien supérieur de la zone mauritanienne du Zemmour. Ceux-ci constituent le cœur de nombreux synclinaux, souvent fort étroits. Ils sont fréquents dans la zone située immédiatement à l'Ouest de la zone précédente, c'est-à-dire à l'Ouest de l'Oued Selouan à Smara, et à l'Ouest de la falaise de l'Amgala plus au Sud. Mais cette zone se poursuit beaucoup plus loin au Sud que la bande monoclinale de Dévonien supérieur, puisqu'on la suit au moins jusque dans la région d'Aïdiate.

À l'Ouest de Tighirt, où la zone monoclinale ne comporte déjà plus de Néodévonien, on compte ainsi onze synclinaux à cœur de Dévonien supérieur, parfois subvertical. Le plus occidental de ces synclinaux, situé à 3 km à l'WNW de Douik el Akhdhar, semble être celui où la série ait été conservée sur sa plus forte puissance. Les affleurements y sont malheureusement mauvais.

On rencontre ces synclinaux dans le bassin des Oudiate el Khyam, notamment dans toute la région de Douik el Akhdhar. Au Sud de la grande sebkha de l'Oumat el Ham, ils deviennent moins nombreux, car les axes tectoniques se relèvent et, par suite, les cœurs des synclinaux ne sont souvent constitués que de Dévonien moyen. À l'Ouest de l'Oumat Chaggag (feuille Bir Aïdiate), le Dévonien supérieur n'affleure plus que dans un seul synclinal, dont un des flancs montre d'ailleurs la série renversée (long. 12° 00' 30" W; lat. 25° 26' 30" N).

A l'Ouest, dans la zone structurale de Douik el Abiodh, le Dévonien supérieur n'a encore jamais été observé; les axes tectoniques étant plus relevés, il semble vraisemblable qu'il ait été à peu près entièrement enlevé par l'érosion.

3° Zone des Oudeï Askaf et de l'Oued Timellouza

Dans le quart sud-ouest de la feuille Bir Aïdiate, le Dévonien supérieur affleure, tout au moins sa base, dans des structures plus larges, moins violemment plissées. Il constitue le cœur du brachy-synclinal des Oudeï Askaf et du synclinal de l'Oued Timellouza, dans lesquels les pendages ne dépassent pas, habituellement, quelques degrés. A ces affleurements, il faudrait sans doute adjoindre celui que signale M. ALIA MEDINA dans l'Oued Agualine (1949b, p. 319), mais que nous n'avons pas eu la possibilité d'observer.

CHAPITRE I

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE

A. — DESCRIPTION DES COUPES

Le Dévonien supérieur, faisant suite à un Givetien principalement marno-calcaire mais qui acquiert vers le haut une certaine tendance silteuse, est constitué de sédiments détritiques fins (grès très fins, siltstones, argiles micacées) et de bancs calcaires lumachelliques. Les coupes complètes de Dévonien supérieur se trouvent au Sahara espagnol, dans la région située au NE de Smara, où la formation est surmontée par le Carbonifère inférieur. Dans la zone étudiée, celle-ci est interrompue au bout de 350 m de coupe, car elle occupe toujours le cœur des synclinaux.

J'avais projeté l'étude des coupes de Dévonien supérieur pour l'année 1956, époque à laquelle sont survenus les événements militaires. L'étude présentée n'est donc pas aussi complète que pour les étages précédents. Elle devra être reprise ultérieurement (1).

Il a été tenu grand compte ici des deux coupes relevées par J. BOROCOCCO et R. NYSSSEN (Rapport B. R. P., 1955) dont tous les échantillons m'ont été aimablement communiqués par la S. N. REPAL pour étude.

On envisagera successivement :

1° *Coupe d'Amgli el Harra* (Coupe F₆).

2° *Coupes et observations complémentaires* :

- a) coupe du premier synclinal à l'Ouest de Tighirt;
- b) coupes de la zone plissée de la région de Douik el Akhdhar;
- c) synclinal du Nord d'Aïdiate;
- d) synclinal des Oudeï Askaf et de l'Oued Timellouza;
- e) Dévonien supérieur de la région de Smara.

1° *Coupe du Dévonien supérieur de l'Oued Amgli el Harra* (Coupe F₆)

Cette coupe est le prolongement occidental de la coupe F₅ (Dévonien moyen). Elle est établie sur les rives de l'Oued Amgli el Harra, en amont des oglats du même nom et est interrompue à l'Ouest par l'apparition du premier anticlinal de la zone plissée (feuille Tighirt).

(1) Les matériaux d'une coupe très détaillée, effectuée en juin 1960 à Amgli Zguilma, sont en cours d'étude.

Je ne l'avais relevée qu'assez sommairement en 1951; elle est présentée ici en utilisant les données du rapport B. R. P. (1955) de J. BOROCCHO et R. NYSSSEN. De nature essentiellement grésosilteuse à la base, elle est à dominance argileuse au sommet. Des bancs lumachelliques s'y intercalent à plusieurs niveaux.

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₆ : Description des niveaux	Ech.
154	100 m	102	Cœur du synclinal : alternance d'argiles silteuses, de siltstones argileux gris ou verdâtres, et de quelques lumachelles calcaires.	21638
153	43 m	101	Banc de siltstone micacé calcaire ferrugineux lumachellique, à empreintes de Brachiopodes (<i>Tropidoleptus</i>) et Crinoïdes dissous, évoluant vers une « grauwasacke ».	21637
152			Argiles et siltstones.	
151			Banc de 0,30 m de calcaire (dolomitique ?) lumachellique, silteux, micacé, ferrugineux, brun jaune, à <i>Spirifer verneuili</i> très abondants et à débris de Crinoïdes et Ostracodes.	21636
150			Argiles vertes avec quelques intercalations de siltstones noirs.	21635
149			Calcaire silteux lumachellique à patine rousse (banc de 5 cm).	
148			Alternance de siltstones fins et d'argiles.	
147	4 m	100	Dalle de 20 cm de calcaire construit cristallin à Polypiers et Bryozoaires, très pur (97,5 % de carbonates), à patine rousse.	21634
146			Calcaire silteux sur lequel sont posés de petits massifs de Polypiers.	
145	36 m	99	Siltstone micacé chloriteux plus ou moins argileux, à fine stratification entrecroisée, gris verdâtre, à rares Ostracodes.	21633
144			Siltstone grossier chlorito-argileux micacé, un peu feldspathique, gris verdâtre, à rares Brachiopodes et Crinoïdes, et à pistes de Vers.	21632
143			Alternance d'argiles silteuses en talus et de siltstones quartzeux à passées argileuses, très légèrement micacés, gris.	21631
142	16 m	98	Bancs de 0,20 m de siltstones un peu calcaires, alternant avec des argiles silteuses.	
141	0,10 m		Banc de calcaire fin jaunâtre, riche en tiges de Crinoïdes.	
140	0,10 m		Dalle de calcaire jaunâtre à Polypiers, Bryozoaires et Brachiopodes.	
139	8 m		Argiles silteuses probables.	
138	22 m		Dalle de calcaire lumachellique dolomitique silteux ferrugineux, à abondants <i>Spirifer verneuili</i> et à Tentaculites, Ostracodes, Crinoïdes, Trilobites et Bryozoaires en débris.	21630
137			Siltstones passant à des argiles vers le bas.	

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₆ : Description des niveaux (<i>suite</i>)	Ech.
136		98	Grès très fins et siltstones plus ou moins calcaires, avec ripplemarks et traces de Vers, contenant quelques passées lumachelliques.	
135	0,10 m		Banc de calcaire (dolomitique ?) lumachellique silteux micacé, un peu ferrugineux, gris ou brun, à abondants débris de Brachiopodes (<i>Tropidoleptus</i>), Crinoïdes, Tentaculites et Ostracodes.	21629 363
134	18 m		Siltstone grossier micacé chloriteux et ferrugineux brun noir, à traces de Vers, se débitant en plaquettes et en feuillets, formant talus, avec quelques intercalations de : calcaire (dolomitique ?) lumachellique brun jaune, à débris très abondants de Crinoïdes et Bryozoaires et abondants de Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes et Tentaculites.	21628a 21628b
133	9 m		Dalles formant corniche, de 0,40 m de puissance, de grès fins et siltstones grossiers, à patine noire, à ripplemarks (<i>quatrième corniche</i>).	
132	27 m	97	Talus d'argiles silteuses, grises, indurées.	21627
131			Siltstones calcaires.	
130			Banc de calcaire silteux, à rares passées lumachelliques, à Gastéropodes.	
129			Siltstones calcaires.	
128			Argile micacée un peu silteuse, gris verdâtre.	21626
127	10 m	96	Banc de 0,20 m de calcaire lumachellique semi-cristallin gris bleu, à Brachiopodes et débris de Brachiopodes, Crinoïdes, Trilobites, Tentaculites, Bryozoaires, et à Ostracodes et Eoptéropodes très abondants.	21625
126			Siltstone micacé chloriteux un peu argileux, à Polypiers, <i>Chonetes</i> et <i>Encrines</i> , et niveau de calcaire argileux jaunâtre.	21624
125			Banc de 0,40 m de calcaire lumachellique très silteux et micacé, brun clair, à <i>Spirifer ibergensis</i> très abondant et à rares débris de Trilobites (<i>troisième corniche</i>).	362 21623
124			Petits bancs de siltstones micacés, alternant avec des argiles silteuses indurées grises.	
123	8 m	95	Siltstone chloriteux, plus ou moins argileux, un peu micacé, à stratification entrecroisée et pistes, gris verdâtre, à Crinoïdes et Tentaculites.	21622
122	0,10 m	94 bis	Petit banc de calcaire oolithique à passées silteuses, jaune brun (nucléus des oolithes : quartz, Brachiopodes, Crinoïdes, Ostracodes, Ptéropodes), formant le sommet de la deuxième corniche.	21621
121	6 m	94	Dalles (0,10 m) de grès fins et siltstones, à patine noire, à ripplemarks et à pistes, avec intercalations de siltstones plus tendres, à <i>Spirifer cf. ibergensis</i> (<i>deuxième corniche</i>).	361 361 A
120	11 m	93	Talus d'argiles indurées grises à fines passées silteuses, azoïques.	21620

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₆ : Description des niveaux (suite)	Ech.
119	8 m	92	Siltstones calcaires micacés, gris, en plaquettes, à empreintes de <i>Tropidoleptus carinatus</i> et de Crinoïdes (première corniche).	360 360 A
118			A la base de la première corniche : lit de 5 cm de siltstone très légèrement ferrugineux et phosphaté, lumachellique, riche en minéraux lourds, à abondants débris de Brachiopodes et plus rares de Trilobites, Ostracodes et Crinoïdes.	21618
117	26 m	91	Talus de siltstones fins chloriteux micacés, plus ou moins calcaires et argileux (tendance plus marneuse vers la base), schisteux, verdâtres, azoïques, avec à la base quelques rares <i>Leptaena rhomboidalis</i> .	21619 359 368 21617
116	2 m env.	90d	Calcaire à Polypiers (voir coupe F ₅)	21616 367

Cette coupe, la plus complète, semble-t-il, qu'on puisse faire dans la zone mauritanienne, peut se résumer de la façon suivante :

Niv.	Puiss.	Réf. c. s.	Coupe F ₆ : Description des niveaux
154	100 m	102	Puissante formation à dominance d'argiles silteuses.
148-153	43 m	101	Argiles et siltstones avec quelques intercalations lumachelliques à <i>Cyrtospirifer verneuili</i> et <i>Tropidoleptus</i> sp.
146-147	4 m	100	Niveau calcaire à tendance subrécifale (Polypiers).
143-145	36 m	99	Talus silto-argileux.
133-142	73 m	98	Alternances de grès fins et de siltstones à patine noire et de lumachelles à <i>Cyrtospirifer verneuili</i> , <i>Spirifer</i> cf. <i>ibergensis</i> , <i>Tropidoleptus carinatus</i> , Crinoïdes, Tentaculites, etc. (4 ^e corniche, à la base).
128-132	27 m	97	Talus argilo-silteux.
124-127	10 m	96	3 ^e corniche : alternance de siltstones à patine noire, et de calcaires lumachelliques à <i>Spirifer</i> cf. <i>ibergensis</i> .
123	8 m	95	Talus argilo-silteux.
122	0,10 m	94 bis	Niveau de calcaire oolithique.
121	6 m	94	2 ^e corniche : grès et siltstones à <i>Spirifer</i> cf. <i>ibergensis</i> .
120	11 m	93	Talus argileux.
118-119	8 m	92	1 ^{re} corniche : siltstones micacés à patine noire, à empreintes de <i>Tropidoleptus carinatus</i> .
117	26 m	91	Talus de siltstones argileux.
113-116		90	Formation des calcaires à Polypiers supérieurs à <i>Calceola sandalina</i> var. <i>alta</i> (Givetien supérieur).
117-154	352 m	91-102	

Le Dévonien supérieur d'Amgli el Harra est donc connu sur une puissance de 350 m, dont les cent derniers mètres sont essentiellement argileux. Les faunes sont beaucoup moins riches en espèces que dans le Dévonien moyen. Le haut de la coupe s'arrête au cœur d'un synclinal. Il n'est donc pas possible de préciser la puissance totale du Dévonien supérieur, aucun fossile du Carbonifère inférieur, ni même de fossile caractérisant le Famennien n'ayant été rencontré.

2° Coupes et observations complémentaires

La coupe d'Amgli el Harra est la seule à être décrite en détail. Nous signalerons maintenant diverses observations faites en d'autres régions.

a) Coupe du premier synclinal à l'Ouest de Tighirt

À l'Ouest de Tighirt, la zone monoclinale ne comporte déjà plus de Dévonien supérieur, celui-ci s'interrompant au Nord de Bou Dreïga. Pour étudier le Dévonien supérieur, il est nécessaire d'atteindre le premier synclinal de la zone plissée (feuille Tighirt). On y observe une succession très comparable à celle d'Amgli el Harra. Mais seuls affleurent les 120 premiers mètres de la série. Ils sont constitués, comme à Amgli el Harra, d'alternances de grès très fins et siltstones, à patine noire, à traces de Vers et ripplemarks en damiers, avec des argiles et quelques bancs calcaires lumachelliques.

On retrouve, à 60 m au-dessus des « Polypiers supérieurs » à *Calceola sandalina* var *alta*, un premier niveau calcaire oolithique (éch. 21695), suivi d'un second, 15 m plus haut, dans les argiles. Viennent ensuite quelques lumachelles à *Spirifer* cf. *ibergensis* et *Sp. verneuili*. Le cœur du synclinal, après 105 m des faciès précédents, est constitué d'argiles silteuses. Elles sont azoïques, mais en remontant 7 km plus au Nord, on y observe au sommet, dans une structure anticlinale, une faune de Crinoïdes dont les tiges sont à section pentagonale (Pl. L, fig. 14). Ces argiles sont surmontées, dans cette région, par un banc calcaire à patine rousse qui se remarque bien dans la topographie, car il forme des surfaces structurales. Ce calcaire correspond à la base de la quatrième corniche de la coupe d'Amgli el Harra. Il est surmonté à son tour par des siltstones à patine noire.

Ces observations succinctes montrent qu'on n'observe pas de changements de faciès notables entre Amgli el Harra et Tighirt.

b) Dévonien supérieur des synclinaux de la région de Douik el Akhdhar

Les dix synclinaux à cœur de Dévonien supérieur que l'on recoupe sur l'axe Tighirt-Douik el Akhdhar, jusqu'à 4 km à l'Ouest de ce dernier relief, présentent des coupes analogues, mais où les couches sont très redressées (le plus souvent de 50 à 80°). Les faciès sont analogues, mais les synclinaux étant étroits, il semble que seule la base de la série affleure, jusqu'au niveau 98 de la coupe d'Amgli el Harra.

On retrouve, interstratifiés dans les siltstones et grès fins à patine noire, des bancs de calcaire roux lumachellique à *Spirifer* cf. *ibergensis* et *Sp. verneuili*, et, vers le centre des synclinaux, des argiles à Crinoïdes avec quelques lits à Polypiers, notamment dans le deuxième et le troisième synclinal à l'Ouest de Tighirt. Mais dans ces synclinaux la série est interrompue avant l'apparition de la grande masse argileuse visible au sommet de la coupe d'Amgli el Harra. Dans cette zone plissée, le broyage des roches, la dolomitisation et la quartzitisation secondaires, et enfin la faible étendue des gisements, ne rendent pas facile l'étude des faunes.

Le seul synclinal où l'on puisse espérer rencontrer des couches plus récentes, est le dixième et dernier à l'Ouest, à 3,5 km à l'WNW de Douik el Akhdhar. En effet le cœur dévonien supérieur de l'anticlinal fait 700 m de large, avec des pendages généralement de 60 à 80°, le flanc ouest étant même légèrement renversé. Malheureusement la coupe est en grande partie masquée par des couvertures récentes et les quelques bancs qui affleurent dans l'axe du synclinal sont d'anciennes encrinites dolomitisées, où les fossiles (Brachiopodes et Crinoïdes), bien qu'encore discernables, sont indéterminables (Pl. XXII, fig. 5). Il n'est pas impossible que ces encrinites représentent les sédiments les plus jeunes connus au Zemmour. Mais l'état des affleurements ne permet pas de l'affirmer, une répétition tectonique des encrinites de l'Amgala étant également possible.

c) Dévonien supérieur du synclinal du Nord d'Aïdiate

Plus au Sud, la zone plissée se resserre et les axes des synclinaux se relèvent, si bien qu'entre la grande sebkha de l'Oumat el Ham et le massif crétacé d'Aïdiate, nous n'avons pu jusqu'ici observer qu'un seul synclinal dont le cœur possède encore du Dévonien supérieur (feuilles Oumat el Ham et Bir Aïdiate). Ce synclinal est déversé, si bien que les couches du flanc ouest peuvent reposer renversées à 45° sur celles

du flanc oriental normal. Ce ne sont pas des conditions idéales pour établir une coupe, mais ce synclinal est intéressant, car il montre que les faciès sont toujours identiques (siltstones, grès fins et quelques lumachelles calcaires), et surtout il a livré en plusieurs points, notamment au gisement 2080 (L = 11° 58'; l = 25° 30' 45'') et plus au Sud au gisement (L = 12° 00' 30''; l = 25° 26' 30''), une belle faune de *Cyrtospirifer* sp. e. g. *verneuili* (Pl. L, fig. 10) très abondants, accompagnés de quelques *Camarotoechia* sp. et *Platyceras* sp. (Pl. L, fig. 11).

Ceci montre donc l'extension vers le Sud des lumachelles à *Cyrtospirifer verneuili* signalées à Amgli el Harra.

d) Dévonien supérieur des synclinaux des Oudeï Askaf et de l'Oued Timellouza

Au Sud du massif d'Aïdiate, on retrouve encore le Dévonien supérieur dans le brachysynclinal des Oudeï Askaf, où seule sa base (20 m) a été conservée, et dans le synclinal de l'Oued Timellouza, où il est beaucoup plus largement étendu (feuille Bir Aïdiate).

Dans le brachysynclinal des Oudeï Askaf, le Dévonien supérieur, réduit à son extrême base, constitue le cœur du synclinal; il comporte de haut en bas :

- 2 — 5 m de siltstones et grès fins à patine noire, à empreintes de *Mucrospirifer* sp., *Uncinulus* sp., *Chonetes* sp., Crinoïdes et Tentaculites (éch. 2110);
- 1 — environ 15 m de siltstones argileux micacés et d'argiles silteuses micacées, formant talus (éch. 2109).

Sur le bord oriental du synclinal de l'Oued Timellouza, nous avons relevé la succession suivante, qui serait à reprendre plus en détail :

- 7 — calcaire oolithique, légèrement gréseux, ankéritique, jaune ocre, à débris de Crinoïdes, Ostracodes, Tentaculites, Brachiopodes et « micro-organisme à deux loges », indéterminé (éch. 2074) (Pl. XXI, fig. 5; Pl. XXII, fig. 1 et 2);
- 6 — grès fin à Tentaculites (éch. 2075);
- 5 — talus d'argiles et siltstones probables, masqués par un oued;
- 4 — siltstone et grès fin formant la première corniche des grès supérieurs;
- 3 — siltstone psammitique tendre à pistes de Vers, traces de Plantes (?), à rare *Mucrospirifer bouchardi* (Pl. L, fig. 8) (éch. 2076);
- 2 — argiles silteuses;
- 1 — calcaires bleus des « Polypiers supérieurs » (sommet du Givetien).

Les termes 2 à 7 appartiennent au Dévonien supérieur. Cette coupe succincte est intéressante, car elle prouve l'existence certaine du Dévonien supérieur dans l'extrémité méridionale de la zone d'étude, et établit, grâce à la présence de *M. bouchardi*, l'âge frasnien des siltstones tendres de base. Elle montre de plus que les faciès n'ont pas changé depuis le Nord. On retrouve notamment, et dans une position analogue, le niveau de calcaire oolithique (niveau 94 bis), qui se poursuit ainsi d'un bout à l'autre du secteur et est connu à Amgli el Harra, à l'Ouest de Tighirt, et dans l'Oued Timellouza.

Rappelons que ces affleurements ne doivent pas être très éloignés du gisement de Dévonien supérieur signalé par M. ALIA MEDINA dans l'Oued Agualine (voir p. 487), gisement qui a également livré un *Mucrospirifer* aff. *bouchardi*.

e) Dévonien supérieur de la région de Smara

J'ai eu l'occasion, en mars 1959, de faire une coupe rapide du Dévonien supérieur à l'Est de Smara. Les faciès sont encore très comparables : argiles silteuses, siltstones et grès fins à patine noire, avec quelques intercalations de lumachelles de Brachiopodes (*Spirifer*, *Rhynchonelles*, *Schellwienella*). La faune y est beaucoup plus abondante qu'en zone mauritanienne (Brachiopodes, Trilobites, Tentaculites), mais les espèces récoltées ne sont pas encore déterminées. Aux abords même du poste de Smara, les grès noirs comportent également une très belle flore, associée à des fossiles marins.

Enfin le capitaine LARA, du poste espagnol de Smara, m'a communiqué des Goniates de très grande taille, qui proviennent d'un banc calcaire de l'Oued Asdam Touil, à 35 km au Nord de Smara, sur le versant nord de la Segua el Hamra, d'un point de coordonnées approximatives : longitude 11° 44' W; latitude 27° 03' N. La détermination de ces Goniates, confiée à M^{me} G. PETTER, montre qu'il s'agit de *Manticoceras* sp., genre indiquant le Frasnien Ib, défini en Allemagne et reconnu dans la Saoura.

Les *Manticoceras* sont signalés par P. GEVIN (1960 [1958]) dans la région de Bou Bernous et par H. HOLLARD (1958) dans le Frasnien schisteux de l'Anti-Atlas. Mais ils sont très rares sur le bord sud du synclinal de Tindouf, puisque P. GEVIN n'a pas retrouvé, dans le Frasnien de la région d'Aouinet Legra, le cf. *Manticoceras* signalé par N. MENCHIKOFF (1930, p. 31). La découverte du capitaine LARA étend donc loin vers le SW la répartition géographique des Goniates frasnienues sur la plateforme africaine.

B. — RÉCAPITULATION

Comme on aura pu le constater dans les pages qui précèdent, l'étude stratigraphique du Dévonien supérieur est beaucoup moins avancée que celle des autres étages. Il n'est pas encore possible, dans l'état actuel de nos connaissances, de faire des corrélations précises entre les observations faites au Nord et au Sud. Sur le tableau stratigraphique XV, la formation a été subdivisée en une douzaine de niveaux (91 à 102) établis suivant la coupe d'Amgli el Harra. Il est certain que ces subdivisions ne peuvent avoir qu'un caractère très provisoire et purement local. Il sera certainement nécessaire par la suite de grouper ensemble plusieurs de ces niveaux pour étendre la stratigraphie aux régions voisines.

Aussi incomplètes soient-elles, nos observations permettent d'affirmer le caractère général des données suivantes :

1° La série néodévonienne débute toujours par 20 à 30 m d'argiles et de siltstones tendres, formant talus, au-dessus des calcaires à Polypiers supérieurs givetiens. La présence de *Mucrospirifer bouchardi* dans la coupe de l'Oued Timellouza, établit l'âge frasnien de cette formation de base. Le Dévonien supérieur débute donc bien au même moment que le faciès grés-silteux.

2° La partie inférieure de la série (250 m) est constituée par une alternance de bancs en reliefs (grès fins ou siltstones à patine noire; lumachelles calcaires) formant de petites corniches, et de niveaux plus tendres (siltstones argileux micacés et argiles silteuses) formant des talus.

3° A environ 50 m au-dessus de la base, apparaissent un ou deux niveaux calcaires oolithiques qui sont connus du Nord au Sud de la zone étudiée. Ce faciès, qui n'est pratiquement pas connu plus bas dans la série paléozoïque, semble donc constituer un bon repère stratigraphique.

4° Vers le haut de la formation à dominance grés-silteuse, s'intercalent deux niveaux d'une trentaine de mètres chacun (niveaux 97 et 99), dans lesquels on trouve souvent d'abondants Crinoïdes, dont certains à tiges de section pentagonale.

5° Vers le haut de la formation grés-silteuse, existent dans l'Amgala un ou deux minces biostromes à Polypiers, Bryozoaires et Crinoïdes, à *Cyathophyllum* cf. *dianthus*.

6° Au Nord comme au Sud, on rencontre *Cyrtospirifer verneuili* sous plusieurs variétés, dans toute la formation grés-silteuse, sauf vers la base où on ne trouve que *Mucrospirifer bouchardi* (rare) et *Spirifer* cf. *ibergensis*.

7° A Amgli el Harra, la formation grés-silteuse (250 m) est surmontée par une centaine de mètres d'argiles silteuses qui n'ont pas encore livré de faune (1). Ces argiles représentent la formation la plus jeune du Paléozoïque, connue pour l'instant dans la zone d'étude.

(1) En juin 1960, j'ai découvert au sommet de ces argiles un niveau argileux à dents de Poissons en cours d'étude. D'après le Professeur J.-P. LEHMAN, il s'agit vraisemblablement de dents de Ptyctodontes, Poissons connus dans le Frasnien du Boulonnais et de Belgique, dans le Dévonien rhénan, le Dévonien supérieur balte et sibérien, dans le Dévonien moyen et supérieur des Etats-Unis et dans le Dévonien supérieur du Fezzan (J.-M. FREULON, J.-P. LEFRANC et J.-P. LEHMAN, 1953).

CHAPITRE II

ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE

Nous savons que le Givetien marno-calcaire est caractérisé vers le haut par le retour progressif aux conditions de sédimentation détritiques (voir p. 476); ceci devient particulièrement net dès les formations silteuses de l'Amgala. Avec le Dévonien supérieur, le retour à la sédimentation détritique fine s'affirme complètement. Celle-ci est faite d'une alternance rythmique de grès très fins, de siltstones, de lumachelles et de schistes argileux. Toutefois il faut signaler en plus l'existence de calcaires oolithiques assez caractéristiques, et quelques manifestations calcaires subrécifales, mais bien plus timides qu'au Givetien.

Toutes les observations et mesures intéressant les échantillons de Dévonien supérieur sont groupées sur le tableau stratigraphique XV. Dans les pages qui suivent, nous verrons successivement la liste des roches rencontrées dans la formation, l'étude pétrographique des principaux faciès, et nous envisagerons pour terminer les caractères pétrographiques généraux de la série.

A. — LISTE DES ROCHES DU DÉVONIEN SUPÉRIEUR

Le Dévonien supérieur, ou plus exactement la partie inférieure que nous en connaissons au Zemmour mauritanien, est essentiellement constitué par les roches suivantes, pour la plupart de nature détritique :

- Argiles pélitiques, argiles silteuses (à Crinoïdes)
- Argiles pélitiques ou silteuses micacées (à Crinoïdes)
- Pélites argileuses micacées
- Siltstones argileux
- Siltstones argileux micacés
- Siltstones quartzeux
- Siltstones quartzitiques
- Grès-quartzites très fins
- Siltstones calcaires poecilithiques
- Siltstones (et grès très fins) lumachelliques calcaires
- Grauwackes fines (au sens ardennais)
- Calcaires lumachelliques silteux (ou finement gréseux) à *Spirifer*
- Encrinites

Calcaires cristallins à Polypiers
 Calcaires oolithiques (silteux)
 Siltstones (et grès très fins) dolomitiques
 Dolomies et ankérites.

B. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE DES PRINCIPAUX FACIÈS

1° Les schistes argileux : argiles silteuses, pélites argileuses et siltstones argileux

Ces faciès constituent une très grande partie de la série néodévonienne. Intercalés avec les siltstones, les grès fins et les lumachelles, ils deviennent vers le haut les faciès prédominants. Les marnes étant absentes, il s'agit toujours d'argiles; mais, suivant l'abondance et la dimension des clastiques, on peut distinguer plusieurs variétés :

clastiques très fins et peu abondants	$\left\{ \begin{array}{l} \text{— argiles pélitiques (ou finement silteuses)} \\ \text{— argiles silteuses} \\ \text{— argiles silteuses micacées} \end{array} \right\}$	parfois à Ostracodes et Crinoïdes
quartz moyen de 4 à 20 μ	$\left\{ \begin{array}{l} \text{— pélites micacées argileuses parfois à Crinoïdes} \end{array} \right\}$	
quartz moyen de 20 à 60 μ	$\left\{ \begin{array}{l} \text{— siltstones argileux} \\ \text{— siltstones micacés argileux} \\ \text{— siltstones quartzeux micacés à passées argi-} \\ \text{leuses} \\ \text{— siltstones calcaires argileux} \end{array} \right\}$	parfois à Ostracodes

a) Examen macroscopique

Ces roches sont toutes schisteuses, les plus fines sont soyeuses au toucher, les siltstones argileux grattent au contraire sous la dent; elles se débitent en fines lamelles ou plaquettes; les plus grossières ont un débit irrégulier à surface bosselée, traces de Vers, etc. Les argiles sont souvent indurées. Certaines font pâte directement avec l'eau; mais la plupart la troublent, quand on les y écrase, sans véritablement faire pâte.

La couleur est grise, gris verdâtre, verdâtre ou jaunâtre. On observe, dans les termes les plus grossiers, des paillettes de muscovite. L'action de ClH normal est pratiquement nulle. Ces argiles peuvent contenir des tiges de Crinoïdes et des *Tropidoleptus*.

b) Examen microscopique

Les caractères varient avec la finesse de la roche et l'abondance des clastiques :

- structure schisteuse finement orientée dans les argiles, plus irrégulière dans les pélites et siltstones argileux, parfois même à fine stratification entrecroisée;
- texture détritique fine, à grains non jointifs pour les argiles, à grains jointifs ou presque pour les siltstones;
- grains de quartz fins, ne dépassant pas 40 μ dans les argiles (moyenne 15 μ), et 80 μ dans les siltstones argileux (moyenne 20 à 40 μ), anguleux à subarrondis, mal classés dans les siltstones, accompagnés de quelques grains de *plagioclases*;
- paillettes souvent assez abondantes de *muscovite* et de *biotite*; la *chlorite*, provenant parfois de l'altération de la *biotite*, est moins fréquente;
- en plus, dans les siltstones argileux, grains de *tourmaline*, de *zircon* et plus rarement de *phosphate*;
- la microfaune, peu abondante, et surtout décelable par lavage, comporte principalement des Ostracodes;

— fond, abondant dans les argiles, plus réduit dans les siltstones argileux, d'argiles (illite, chlorite) colorées de *goethite*, avec parfois quelques mouchetures de *calcite* et du quartz *cryptocristallin*.

c) Analyse des argiles aux rayons X

Onze analyses nous renseignent sur la nature de la phase argileuse de ces roches :

Niv. c. s.	Déterminations	Ech.	Illite	Chlorite	Kaolinite
102	Siltstone argileux	21638	70	30	—
101	Argile (détermination macroscopique) ..	21635	80	20	—
99	Siltstone micacé, plus ou moins argileux, à stratification entrecroisée	21633	80	20	—
99	Siltstone quartzeux, à passées argileuses, un peu micacé	21631	70	30	—
97	Argile silteuse fine, micacée	21701	80	20	—
97	Argile silteuse	21627	50	50	—
97	Argile micacée, un peu silteuse	21626	70	30	—
96	Siltstone micacé, un peu argileux, à Cri- noïdes	21624	70	30	—
95	Argile pélitique micacée	21696	80	20	tr.
93	Argile indurée sériciteuse, à fines passées silteuses	21620	80	20	—
91	Siltstone chloriteux, calcaire et argileux, un peu micacé	21617	80	20	—

La composition de cette phase argileuse est très constante : 70 à 80 % d'illite, le complément étant de la chlorite. La kaolinite est pratiquement absente de la série. Cette composition est comparable à celle des roches argileuses du Givetien supérieur (marnes de l'Amgala et Polypiers supérieurs). Il ne peut guère s'agir que d'argiles détritiques, héritées du continent.

2° Les siltstones et grès fins quartzitiques et les siltstones et grès fins carbonatés

Ces roches détritiques fines, qui forment, avec les lumachelles, les barres saillantes de la topographie du Frasnien, comprennent des roches siliceuses dès l'origine, mais également des roches qui convergent vers ce type par décalcification et quartzification, les deux origines n'étant pas toujours faciles à différencier.

a) Examen macroscopique

Ces roches sont toujours à grain très fin; elles se débitent en plaquettes irrégulières et présentent souvent de fines stratifications entrecroisées, à l'échelle du lit (1 à 2 cm de puissance). La cassure est irrégulière et devient tranchante écailleuse dans les termes quartzitisés ou calcaires; elle est de couleur gris verdâtre ou grise sur les roches fraîches, et devient brune, brun rouge, grenat ou brun jaune sur les roches altérées, de petites taches d'oxyde de fer apparaissant alors. *La patine est le plus généralement noire ou brun foncé.*

Souvent ces roches sont riches en micas très fins. En surface, elles présentent d'abondantes traces de toutes sortes, qui mériteraient à elles seules une étude. Les fig. 12 et 13 de la Pl. L en montrent des exemples. On observe sur le terrain des ripplemarks, notamment des ripplemarks en damiers. Sur certains échantillons, on voit des empreintes de fossiles entièrement dissous (Brachiopodes, Crinoïdes, et plus rarement Lamellibranches et Orthocères). Les types quartzitiques ne donnent avec ClH normal qu'une effervescence très faible ou nulle, les types plus calcaires une effervescence moyenne.

Certaines lumachelles (p. 500, 3°) décalcifiées prennent un aspect identique, mais elles sont très riches en moulages et empreintes de *Spirifer*. Elles aboutissent à des roches assez voisines, mais moins finement stratifiées et moins compactes. Ce sont des grauwackes ardennaises à grain fin.

b) Examen microscopique

La description donnée ci-dessous est une description moyenne d'échantillons qui n'étaient pas lumachelliques à l'origine :

— structure finement mais irrégulièrement stratifiée, avec fines stratifications entrecroisées; plus rarement, structure massive;

— texture détritique à grains jointifs ou presque, passant dans les échantillons quartzitiques à une structure microgranulaire en mosaïque plus ou moins complète; dans les termes calcaires, la texture devient détritique à grains non jointifs et parfois poecilithique;

— grains de *quartz*, généralement anguleux à subarrondis, relativement mal classés (moyenne étalée), les grains moyens compris entre 20 et 60 μ , généralement autour de 30 à 50 μ . Les grains les plus gros atteignent rarement 100 μ . Les grains du grès le plus « grossier » relevé (éch. 467), provenant d'un synclinal à 2 km à l'Ouest de Douik el Akhdhar, n'atteignent que 90 μ en moyenne et 150 μ au maximum;

— grains de *plagioclase* presque toujours présents, mais jamais de microcline;

— lamelles détritiques souvent abondantes de *muscovite* et *biotite*, et plus rares de *chlorite*;

— grains de *zircon* et *tourmaline* assez fréquents, d'*apatite*, de *rutile*, et de *glauconie* rare;

— grains roulés de *phosphate* et de *calcite*;

— fond variable, dont dépend souvent le nom de la roche :

- *quartz* de nourrissage (siltstones et grès-quartzites);

- fond réduit de *chlorite*, *goethite*, *argile*, *calcite résiduelle*, ou certains de ces éléments (siltstones micacés chloriteux, argileux, ferrugineux, un peu calcaire, etc.);

- fond carbonaté : *chlorite*, et *calcite* en mouchetures remplacée par de la *goethite* (siltstones calcaires chloriteux); *calcite poecilithique* (siltstones et grès calcaires); *dolomite* (siltstones et grès dolomitiques).

En général, il s'agit de roches détritiques fines calcaires, voire lumachelliques, qui ont plus ou moins évolué dans le sens d'une décalcification et d'une quartzification, et parfois, notamment dans la zone plissée de Douik el Akhdhar, dans celui d'une dolomitisation.

c) Analyses chimiques

Il existe tous les termes de transition entre les quartzites fins et les calcaires lumachelliques gréseux. Bien que nous n'ayons pas d'analyses sur les termes quartzitiques, nul doute que ces roches soient très riches en silice et pauvres en carbonates. La teneur en carbonate dans les roches intermédiaires (tableau d'analyses chimiques 24) varie de 25 à 50 %; généralement, et certainement toujours à l'origine, la phase carbonatée est calcaire (96 % de calcite et 4 % de dolomite environ, pour les analyses 167, 168 et 169). Dans la zone fortement plissée, à l'Ouest de Douik el Akhdhar, ce type de roche peut devenir un grès dolomitique plus ou moins ferrugineux (5,5 % de calcite et 94,5 % de dolomite). Toutes ces roches ont une teneur en fer métal un peu au-dessus de la moyenne, de l'ordre de 3 %.

3° Les calcaires lumachelliques silteux

Les intercalations de bancs calcaires lumachelliques, plus ou moins gréseux ou silteux, rompent la monotonie de la sédimentation détritique fine du Dévonien supérieur. Ces lumachelles, constituées surtout de *Spirifers*, sont associées aux faciès gréseux plutôt qu'aux faciès argileux; elles font généralement suite, dans la sédimentation, à des bancs de grès ou siltstones à patine noire. Comme toujours, il existe tous les intermédiaires entre les calcaires presque sans clastiques et les grès lumachelliques. Mais les *calcaires lumachelliques silteux* constituent nettement le faciès le plus courant. Enfin lorsque les débris sont surtout des entroques, on passe à des encrinites.

a) Examen macroscopique

L'aspect macroscopique de ces roches varie quelque peu suivant la richesse en clastiques. Ce sont toutes des lumachelles bourrées de Brachiopodes, notamment de *Spirifers*, et qui présentent, contrairement aux lumachelles des étages précédents, la particularité d'être constituées le plus souvent par une seule espèce, *Spirifer* sp. e. g. *ibergensis* ou *Sp. verneuili* par exemple.

La cassure, rugueuse, respecte les tests des fossiles; elle peut devenir semi-cristalline dans les échantillons riches en Crinoïdes; elle est de couleur brun clair, brun jaune ou gris brun; dans les calcaires non silteux, la cassure fraîche est bleu noir et passe à l'ocre jaune par altération superficielle. La patine, brune, est toujours plus claire que celle des siltstones et grès fins. Elle est parfois bleutée dans les types les plus calcaires.

On ne distingue généralement pas le quartz détritique, mais on voit les paillettes de muscovite, parfois abondantes. La dissolution des tests calcaires en surface peut donner à ces roches un aspect de grauwaacke du type ardennais. L'attaque à ClH normal donne une effervescence forte ou très forte, mais qui peut être plus faible si la roche est dolomitisée.

b) *Examen microscopique*

Là encore les variations sont fonction de la nature des débris et surtout de la richesse en clastiques. Deux microphotographies (Pl. XXI, fig. 3; Pl. XXII, fig. 3) montrent l'une un terme particulièrement gréseux, l'autre un terme pratiquement sans quartz détritique. La description suivante donne une idée moyenne de ces roches :

- structure lumachellique, généralement massive; parfois stratification soulignée par le dépôt des tests (Pl. XXII, fig. 3);
- texture détritique organique, et minérale dans les termes silteux, à grains et débris non jointifs; il s'y ajoute parfois une texture poecilithique;
- grains de quartz souvent anguleux et mal classés en majorité de la classe des silts (moyenne comprise entre 15 et 60 μ), ne dépassant pratiquement pas 100 μ ; grains de plagioclase assez rares; dans les termes les plus calcaires, seuls quelques quartz sont retenus dans les loges des Bryozoaires;
- paillettes détritiques de muscovite et biotite, assez abondantes dans les termes silteux, et de chlorite plus rare;
- grains rares de tourmaline, zircon et phosphate;
- fossiles entiers et grands débris, généralement peu roulés, où prédominent ceux de Spirifer en calcite lamellaire, accompagnés de ceux de Crinoïdes, de Trilobites, Tentaculites, Ostracodes et Bryozoaires;
- fond de calcite microcristalline ou poecilithique, accompagnée d'impuretés argileuses et de goethite;
- des rhomboèdres de dolomite ou d'ankérite indiquent parfois un début de dolomitisation secondaire (Pl. XXII, fig. 4).

Ces lumachelles se caractérisent donc surtout par un assez mauvais classement de la phase clastique, par l'extrême abondance de fossiles appartenant souvent à un nombre très limité d'espèces, et par la non-usure des tests, souvent conservés entiers. Ce dernier caractère suggère une sédimentation en milieu peu agité.

c) *Analyses chimiques*

Quatre analyses (tableau d'analyses chimiques 25, analyses 176 à 179), portant sur différentes variétés de ces lumachelles, montrent que ce sont des calcaires vrais ou légèrement dolomitiques, comportant un pourcentage d'« insolubles » très variable.

4° *Les calcaires oolithiques*

Les calcaires oolithiques, bien que ne représentant qu'une infime proportion de l'ensemble de la formation, sont intéressants car ils sont assez caractéristiques, semble-il, d'un niveau situé à 50 ou 60 m au-dessus du Givetien (niveau 94 bis). Ils existent tout au long du secteur, puisqu'ils sont connus aussi bien au Nord, à Amgli el Harra et à Tighirt, qu'au Sud, dans le synclinal de l'Oued Timellouza. Ce faciès est pratiquement absent des formations plus anciennes puisqu'il n'a été signalé qu'une seule fois dans les calcaires de l'Amgala (à l'Ouest de Tighirt).

a) *Examen macroscopique*

Ce sont des roches calcaires compactes, en petites dalles, mais ne constituant jamais de très gros bancs massifs. La patine, dans les tons jaune ou brun, est assez variable : gris jaune à Timellouza, jaune brun à Amgli el Harra, rousse ou brun rouge à Tighirt.

La cassure est jaune ocre, ou jaune brun, avec parfois de petites mouchetures noires. Elle est variable suivant la composition de la roche et son degré de recristallisation : « grenue » à Tighirt, où les oolithes abondantes sont respectées par la surface de rupture; esquilleuse à Amgli el Harra, où les oolithes sont tranchées; semi-spathique lorsque les débris de Crinoïdes sont abondants.

Les oolithes sont toujours de très petite taille, inférieures ou égales au demi-millimètre; elles sont rosées ou brunes en surface. A Tighirt (éch. 21697) elles sont presque contiguës et bien visibles à la loupe. A Amgli el Harra, elles ne se remarquent pas au milieu des débris de Crinoïdes. A l'Oued Timellouza, l'érosion éolienne différentielle les fait ressortir en relief et elles apparaissent plus foncées que le ciment de la roche. Lorsque les débris de Crinoïdes sont particulièrement abondants, la roche peut passer à une encrinite.

Ces roches donnent toutes une forte effervescence à ClH normal.

b) Examen microscopique

- Structure massive, la stratification étant parfois un peu soulignée par des lits d'entrouques;
- Texture oolithique, ou texture à la fois détritique organique et oolithique;
- Oolithes de calcite de diamètre moyen variant entre 200 et 500 μ , les plus grosses provenant de la coupe de Tighirt; en quantité variable, elles peuvent être parfois très abondantes (Pl. XXI, fig. 4 et 5; Pl. XXII, fig. 1);
- Grains de quartz détritique (en dehors du quartz des nuclei) parfois très rare, parfois assez abondant (Pl. XXI, fig. 4); grains de chert et de plagioclases rares; tous ces grains, dont la dimension moyenne varie de 30 à 60 μ , ne dépassent jamais 80 μ , sauf dans l'échantillon de Timellouza où le quartz, disséminé, peut atteindre un maximum de 250 μ et est nettement plus arrondi;
- Lamelles détritiques de muscovite, biotite et plus rares de chlorite;
- Débris organiques variables suivant les échantillons, généralement bien roulés (Pl. XXI, fig. 5) de Crinoïdes (parfois très abondants) en calcite monocristalline, de Brachiopodes en calcite lamellaire, d'Ostracodes et plus rares d'Eoptéropodes;
- Ciment de calcite pouvant être remplacée par des rhomboèdres de dolomite ou d'ankérite, avec un peu d'oxyde de manganèse et de goethite.

Description des oolithes

Les oolithes (Pl. XXI, fig. 4 et 5; Pl. XXII, fig. 1 et 2) ont généralement une forme presque sphérique (comme le montre l'abondance des sections circulaires), bien moins allongée que les oolithes de chlorite du Dévonien inférieur.

Le nucléus est variable et constitué le plus souvent d'un grain de quartz anguleux de 25 à 80 μ , ou d'un débris organique (test d'Ostracode, débris de Tentaculite, de Brachiopode); parfois une seule oolithe réunit plusieurs débris : grains de quartz et débris de tests (Pl. XXII, fig. 1).

L'écorce est en général uniquement constituée de calcite; l'enveloppe la plus centrale est souvent faite d'une calcite mal organisée qui enrobe le (ou les) nucléus; les enveloppes suivantes sont constituées de calcite à structure rayonnante; vers l'extérieur, les dernières enveloppes laissent mieux voir la structure concentrique que les enveloppes internes où celle-ci est masquée par la structure rayonnante de la calcite.

Dans l'échantillon de Tighirt (21695), on a observé quelques oolithes de même nature et de même dimension, qui sont à leur tour enveloppées par des couches concentriques de chlorite de fer, ce qui a pour effet de doubler le diamètre de l'oolithe (Pl. XXI, fig. 4). Dans l'échantillon du synclinal de l'Oued Timellouza, l'écorce calcaire radiée est remplacée postérieurement par des rhomboèdres parfaitement automorphes d'ankérite. Ce remplacement, qui respecte le ciment de la roche, épargne également le plus souvent la couche la plus externe de l'oolithe (Pl. XXII, fig. 1 et 2).

c) Analyses chimiques

Quatre analyses chimiques ont été réalisées sur les calcaires oolithiques. Les analyses 171, 172 et 173 sont très voisines l'une de l'autre, ce qui montre la constance chimique de ces horizons oolithiques. L'échantillon de l'Oued Timellouza (analyse 171) est celui qui se rapproche le plus du calcaire oolithique signalé dans les calcaires de l'Amgala à l'Ouest de Tighirt (analyse 135, p. 418). Ces roches comportent de

86 à 91 % de carbonates et le rapport calcite/dolomite est de l'ordre de 96/4. L'analyse 174 correspond à un échantillon plus riche en quartz détritique, ce qui abaisse à 65,5 % la teneur en carbonates. La roche est un peu plus magnésienne que les autres (rapport calcite/dolomite de 92/8). On remarquera enfin les traces notables en oxyde de manganèse (jusqu'à 0,70 % à l'Oued Timellouza), traces déjà signalées lors de l'étude microscopique.

Ces analyses montrent que *les calcaires oolithiques du Frasnien sont des calcaires vrais* (ou légèrement magnésiens), *comportant une phase silteuse plus ou moins abondante*. Bien que le phénomène n'ait pas encore été observé, il est vraisemblable que les calcaires oolithiques évoluent dans la zone plissée vers des dolomies, ce que suggère d'ailleurs le stade intermédiaire des échantillons de l'Oued Timellouza (Pl. XXII, fig. 1 et 2).

5° Les calcaires cristallins à Polypiers

Ce type de calcaire, très courant au Dévonien moyen, ne fait plus que de timides apparitions au Frasnien. Dans certains niveaux, on observe, au milieu des argiles, des lits riches en Polypiers et Crinoïdes, annonceurs de ce faciès, mais non consolidés. C'est notamment le cas au cœur du quatrième synclinal de Dévonien supérieur, à l'Ouest de Tighirt (éch. 440, L = 11° 46' 55" W; l = 25° 50' 25" N) où l'on observe, dans les argiles à Crinoïdes, des lits à *Cyathophyllum* cf. *dianthus*, *Striatopora* et *Thamnopora*.

Un seul banc de véritable calcaire construit à Polypiers, de 20 cm de puissance environ, a été observé à 210 m au-dessus du Givetien, dans la coupe F₆ d'Amgli el Harra (éch. 21634). Macroscopiquement c'est un calcaire massif, construit, à cassure semi-cristalline et esquilleuse, constitué de Polypiers plus ou moins recristallisés. CIH normal donne une forte effervescence.

Au microscope, on ne discerne aucune orientation; la structure est microcristalline, avec un réseau de *calcite cryptocristalline* correspondant aux parois des Polypiers. Le fond de la roche est en *calcite microcristalline* présentant souvent des formes automorphes, avec un peu de *goethite*; le quartz, très rare, semble secondaire.

L'analyse chimique de cette roche (tableau d'analyses chimiques 25, analyse 175) montre qu'il s'agit d'un *calcaire très pur*. C'est d'ailleurs le plus pur qu'il nous ait été donné d'observer dans tout l'ensemble frasnien : 97,5 % de carbonates, rapport calcite/dolomite de 97,5/2,5. La comparaison de cette analyse avec l'analyse 154 du calcaire construit du récif d'Aïdiat (niveau 79) montre que ces deux roches sont très voisines, le calcaire frasnien étant même encore plus pur (2,5 au lieu de 3,0 % d'« insolubles »), se rapprochant ainsi, par sa composition, de l'analyse 75 (calcaire de la dalle à Orthocères du Siegenien).

6° Les dolomies et les roches dolomitiques

Ces faciès ne correspondent pas à des horizons particuliers. Ils peuvent remplacer tous les faciès calcaires (calcaires oolithiques, calcaires lumachelliques, encrinites, grès et siltstones calcaires) et se rencontrent surtout dans les synclinaux de la zone fortement plissée (région de Douik el Akhdhar notamment). Ceci, comme le confirmera l'étude pétrographique, montre qu'il s'agit d'une dolomitisation postérieure au plissement et non d'une sédimentation dolomitique.

a) Examen macroscopique

Ces roches dérivant des roches carbonatées précédemment décrites, elles en conservent plus ou moins certains caractères : présence ou non de micas, richesse en Crinoïdes ou en Brachiopodes, etc. Mais en général la roche devient plus massive, et la stratification disparaît, sauf si des lits d'entrouques la soulignent.

La cassure peut être grumeleuse ou finement cristalline et de couleur variable, généralement dans les nuances grenat, rosâtre ou jaune ocre. La patine est souvent mauve ou rosâtre. Ce sont des roches poreuses, souvent même cavernueuses : dans les lumachelles par exemple, les tests de Brachiopodes peuvent être

dissous et laisser place à des vides. Les débris de fossiles (Brachiopodes, Polypiers, Crinoïdes) sont diffus dans la roche, par suite de la recristallisation. Les mieux conservés sont les articles de Crinoïdes.

Dans les roches nettement dolomitisées, CIH normal ne donne qu'une très faible effervescence, visible seulement à la loupe, ou localisée dans des géodes.

b) Examen microscopique

Il existe tous les intermédiaires entre les faciès calcaires et les faciès dolomitiques. L'envahissement des oolithes calcaires (Pl. XXII, fig. 1 et 2) et des lumachelles gréseuses (Pl. XXII, fig. 4), par des rhomboèdres de dolomite ou d'ankérite, en sont des exemples. La description qui suit concerne des roches où le phénomène est beaucoup plus poussé :

- structure massive et parfois caverneuse;
- texture microcristalline oblitérant plus ou moins l'ancienne texture de la roche (texture détritique organique, ou détritique minérale et organique à grains non jointifs);
- débris de Brachiopodes et d'autres organismes indéterminables, ayant perdu leur structure organisée, recristallisés en petits cristaux de *dolomite*, d'*ankérite* ou souvent de *quartz*; le contour des tests devient diffus (Pl. XXII, fig. 4);
- débris de Crinoïdes (abondants dans les anciennes encrinites) résistant mieux à la recristallisation que les autres organismes et que le ciment (Pl. XXII, fig. 5); la calcite monocristalline est remplacée par des rhomboèdres de *dolomite* ou d'*ankérite*, généralement à partir du centre du débris;
- dans les faciès les plus détritiques, on retrouve inchangés, comme dans les roches non dolomitisées, des grains de *quartz* (inférieurs à 100 μ), de *plagioclase*, *phosphate*, *zircon*, *tourmaline* et des paillettes de *muscovite*, *biotite* et *chlorite*;
- fond microcristallin constitué de *dolomite* ou d'*ankérite* en abondants petits rhomboèdres, ou en petits granules bien isolés les uns des autres par une pellicule de *goethite*; il s'y ajoute un peu de *calcite* résiduelle et de la *goethite* plus ou moins abondante;
- géodes tapissées de *calcite* ou de *dolomite* et petits amas d'*oxyde de manganèse*.

Cette étude au microscope ne laisse planer aucun doute sur l'origine secondaire de ces dolomies et roches dolomitiques.

c) Analyses chimiques

Trois analyses ont été effectuées sur de telles roches. L'analyse 170 concerne un grès fin dolomitique un peu ferrugineux, l'analyse 180 une dolomie ferrugineuse (ankérite) provenant d'une ancienne lumachelle à Brachiopodes, Crinoïdes et Bryozoaires et l'analyse 181 une dolomie cristalline qui était à l'origine une encrinite (Pl. XXII, fig. 5). Ces trois roches représentent donc les termes dolomitisés des principaux types de roches calcaires du Dévonien supérieur, mis à part les calcaires oolithiques.

Les analyses montrent une grande variation dans la teneur en « insolubles », correspondant en majeure partie à la teneur originelle en clastiques. En revanche, dans les trois cas, on aboutit à des *dolomies vraies* dont les proportions calcite/dolomite sont comprises entre 5/95 et 2/98. Les trois roches analysées proviennent de la zone plissée de Douik el Akhdhar.

Dans la zone monoclinale de l'Oued Amgli el Harra, d'ailleurs très proche de la zone plissée, on observe certaines roches qui présentent un début de dolomitisation. La lumachelle 363 (Pl. XXII, fig. 3) (analyse 177) appartient à la catégorie des calcaires dolomitiques. Les analyses chimiques confirment donc bien l'impression donnée par l'étude de terrain que la *dolomitisation est secondaire et en relation avec la tectonique*.

Dans l'analyse 180, le fer est en grande partie sous forme de fer ferreux (3,2 % de FeO et 1,8 % de Fe₂O₃) et le manganèse est en quantité appréciable (0,7 %). Ceci confirme la nature ferrifère et manganésifère de cette dolomite (ankérite).

C. — CARACTÈRES PÉTROGRAPHIQUES GÉNÉRAUX

On trouvera toutes les observations pétrographiques concernant les roches du Dévonien supérieur dans le tableau stratigraphique XV. Les données de ce tableau permettent de dégager les principaux caractères des roches, et partant, ceux de la sédimentation pendant cette période.

1° *Caractères des clastiques minéraux*

Comme durant la période allant du Siegenien supérieur au Couvinien inférieur, la phase des clastiques minéraux joue, pendant le Dévonien supérieur, un rôle primordial. La stratigraphie de la formation n'étant pas encore bien établie, j'ai dû renoncer à présenter les données granulométriques sous la forme d'un tableau récapitulatif comme pour le Dévonien inférieur et moyen.

a) *Nature des clastiques*

Les *débris de roches* sont totalement absents de la formation néodévonienne. Il arrive d'observer quelquefois au microscope quelques grains de *chert*, mais cet élément n'a pas là d'autre signification que le quartz.

Le quartz est évidemment l'élément largement dominant. Seul le calcaire construit à Polypiers (niveau 100) peut ne pas en contenir. C'est le constituant majeur des siltstones et des grès fins. Mais même dans les lumachelles et dans les calcaires oolithiques, il conserve une certaine importance. Le *microcline* n'a, pour l'instant, jamais été observé dans la formation. Les *plagioclases*, au contraire, sont presque toujours présents, le plus souvent disséminés, mais parfois relativement fréquents (niveaux 98 et 99).

Les *micas* et la *chlorite*, sauf dans quelques calcaires, sont toujours présents et souvent même relativement abondants, puisqu'ils arrivent à donner aux roches un aspect presque psammitique. Ils sont abondants dans les siltstones et les grès fins, et même dans certaines argiles micacées. La *muscovite* est l'élément le plus fréquent, suivie de la *biotite* (souvent plus ou moins altérée en *chlorite*) et de la *chlorite*.

Les *minéraux lourds*, *tourmaline* et *zircon* surtout, mais également *apatite*, *rutile*, *minerais opaques*, sont assez fréquents dans tous les faciès silto-gréseux, y compris les calcaires et les lumachelles. Enfin des grains roulés de *calcite* et de *phosphate de chaux* sont courants. On observe aussi quelquefois des grains de *glauconie*, mais leur altération en rend la détermination douteuse.

Le Dévonien supérieur, notamment dans les niveaux de siltstones et de grès fins, présente donc une assez grande variété en clastiques. Font toutefois exception certaines argiles et certains calcaires, oolithiques ou à Polypiers. Enfin il faut remarquer que des roches de la zone plissée contiennent du quartz secondaire, mimétique du quartz détritique dont il n'est pas facile à distinguer.

b) *Granulométrie*

Le plus gros grain observé dans le Dévonien supérieur (dans le calcaire oolithique de l'Oued Timellouza) n'atteint que 250 μ . Mais les grains dépassant 100 μ sont exceptionnels, et encore s'agit-il toujours de grains au-dessus de la moyenne. Les grains moyens, sauf dans quelques argiles, oscillent entre 15 et 80 μ . Les roches représentées sont donc des pélites, des siltstones et des grès excessivement fins, suivant les définitions adoptées dans ce travail (p. 57).

Les corniches « gréseuses » (niveaux 92, 94, 96 et 98) sont constituées par les faciès les plus grossiers. Le tableau stratigraphique XV montre toutefois que les grains moyens restent le plus souvent en deçà de la ligne 60 μ , c'est-à-dire qu'il s'agit beaucoup plus souvent de siltstones que de grès. On remarquera également, dans la même colonne de ce tableau, que malgré la finesse du grain, la dimension des grains moyens est assez étalée dans beaucoup d'échantillons, et partant, le classement assez mauvais.

Du niveau 91 au niveau 101, on n'observe pas d'évolution de la granulométrie vers les grains plus gros ou plus fins. Une courbe lithologique montrerait des allées et venues entre les faciès argileux et silteux (courbe lithologique de série rythmique). Le Dévonien supérieur est constitué par une alternance rythmique de faciès argileux et silteux. Quant aux argiles supérieures, elles restent encore mal connues.

c) Morphoscopie

Les grains détritiques de quartz sont trop fins pour que la morphoscopie puisse beaucoup contribuer à l'étude sédimentologique de la formation. La colonne morphoscopique du tableau stratigraphique XV montre toutefois que pour des grains aussi fins, de l'ordre de 50 μ , l'indice d'arrondi est relativement élevé, les valeurs 0,4 à 0,6 étant fréquemment atteintes. Il semble bien que l'on puisse en déduire qu'il s'agit d'un matériel évolué, longuement travaillé, aux antipodes par exemple d'un matériel tout-venant originaire d'un rapide démantèlement de chaînes montagneuses. Là encore, la séquence s'avère rythmique, puisque ces caractères morphoscopiques se maintiennent pendant toute la partie silteuse de la formation.

2° Caractères de la phase argileuse

La phase argileuse joue également un très grand rôle au cours du Dévonien supérieur; les niveaux argileux sont masqués par les déblais des corniches silto-gréseuses qui les surmontent, aussi n'apprécie-t-on pas toujours leur importance sur le terrain. La phase argileuse, nulle ou presque dans les siltstones, est abondante dans les niveaux intercalaires (argiles ou schistes argileux à Crinoïdes : 91, 93, 95, 96, 97, 101 et 102). Nous ne reviendrons pas ici sur cette phase, étudiée dans le paragraphe consacré aux schistes argileux (p. 499). Rappelons qu'elle présente une composition très constante : 70 à 80 % d'illite et 30 à 20 % de chlorite. Il est à remarquer que la kaolinite a totalement disparu de la série paléozoïque, et ceci a déjà été noté dès les marnes de l'Amgala (88), au Givetien supérieur. On peut en déduire un apport argileux purement détritique, héritage du continent. Cet apport très régulier, très constant, pourrait peut-être s'expliquer par un certain équilibre enfin atteint entre mer et continent.

3° Caractères de la phase chimique et chimico-organique

On retrouve, au Dévonien supérieur, une phase chimico-organique comparable à celle du Dévonien inférieur. Il ne s'agit pas d'une sédimentation chimique proprement dite, mais surtout chimico-organique.

Les carbonates sont avant tout d'origine organique, et il semble bien que le ciment calcaire ne soit souvent que le résultat d'une remobilisation du calcaire dissous des tests, dans les lumachelles. Les roches dolomitiques elles aussi sont le résultat d'une évolution ultérieure des roches calcaires, et non des dolomies de dépôt. Le calcaire le plus pur observé est un calcaire à Polypiers (niveau 100) de la coupe d'Amgli el Harra, qui contient 97,5 % de carbonates et présente un rapport calcite/dolomite de 97,5/2,5. En revanche les calcaires lumachelles et les calcaires oolithiques sont moins riches en carbonates, car la phase détritique entre pour une part notable dans leur composition. Dans la zone plissée de Douik el Akhdhar, on rencontre des dolomies secondaires pouvant contenir plus de 90 % de dolomite et offrant un rapport calcite/dolomite de 5/95 à 2/98, inverse de celui des lumachelles. Au total, les niveaux carbonatés ne représentent pas une grande puissance dans l'ensemble de la série.

Le fer n'atteint pas, dans la formation néodévonienne, des teneurs de minerai. Il est toujours à l'état disséminé. On notera toutefois qu'en général les teneurs sont un peu au-dessus de la moyenne, souvent de l'ordre de 2 à 3 % de fer métal (moyenne des 16 analyses du Dévonien supérieur : 2,3 %). Ce fer est, près de la surface tout au moins, sous forme de goethite disséminée. Les oolithes de chlorite de fer (chamosite ?) observées dans un calcaire oolithique, à l'Ouest de Tighirt, restent une curiosité exceptionnelle. En revanche, dans les dolomies, le fer peut être sous forme carbonatée : ankérite, sidérose (?). Sur le terrain, les faciès silteux prennent tous une patine noire, très caractéristique, due à un enduit superficiel de goethite.

Le manganèse peut atteindre des teneurs de 0,7 %. Il est surtout visible dans les roches dolomitisées, combiné au fer et au magnésium dans l'ankérite, ou bien sous forme de petites mouchetures d'oxyde.

Le phosphate n'est en général qu'à l'état de traces devant correspondre aux petits grains

détritiques remarqués parfois au microscope. Dans la séquence étudiée, on n'a jamais observé pour l'instant de niveaux à nodules phosphatés. Ceux-ci, par conséquent, au Zemmour, ne semblent pas dépasser le Couvinien inférieur.

Les *sulfates* sont exceptionnels, mais il n'est pas impossible que les argiles supérieures du synclinal d'Amgli el Harra, encore mal connues, se révèlent par la suite plus riches, si l'on songe que les argiles terminales du Dévonien supérieur du synclinal de Tindouf sont gypseuses (P. GÉVIN, 1960 [1958]).

Toutes ces données montrent que la sédimentation procède d'un *régime de pauvreté chimique*, puisque les minéraux de néoformation (en dehors de l'évolution ultérieure des roches) sont l'exception, la majeure partie de la phase chimique étant d'origine organique.

4° *Caractères des clastiques organiques*

Le Dévonien supérieur se caractérise par une alternance rythmique de niveaux très riches en débris organiques (lumachelles) et d'autres très pauvres (siltstones, argiles). De plus l'évolution des roches vers les grauweekes, les quartzites et les dolomites a fait disparaître une partie de cette phase, n'en laissant plus dans certaines roches que quelques fantômes.

Pour connaître la répartition détaillée des différents débris, par niveaux, on se reportera à la colonne « clastiques organiques » du tableau stratigraphique XV. D'une façon générale, les débris de Brachiopodes (notamment de Spirifers) et de Crinoïdes l'emportent largement sur ceux des autres groupes. Viennent ensuite, dans l'ordre de fréquence, les débris d'Ostracodes, de Tentaculites, de Polypiers, de Bryozoaires et de Trilobites. Les débris de Mollusques (Gastéropodes, Lamellibranches, Orthocères) sont très rarement identifiables au microscope, d'abord parce qu'ils sont rares, ensuite parce qu'ils recristallisent et perdent leur structure plus facilement que les autres débris.

Les horizons les plus riches en débris de tests sont les lumachelles des niveaux 94, 96 et surtout 98. Souvent les débris n'appartiennent pratiquement qu'à une seule espèce (Spirifer ou Crinoïdes). Dans le niveau 94, on retrouve un « micro-organisme à deux loges » analogue à celui signalé dans la zone de passage du Gotlandien au Dévonien (p. 287).

Les débris de Bryozoaires ne réapparaissent qu'avec les lumachelles du niveau 98, donc assez haut dans la série, et ceux de Polypiers encore plus haut, dans le mince banc de calcaire subrécifal du niveau 100. Quant aux Lingulidés en phosphate de chaux, ils ont totalement disparu.

Par rapport au Dévonien moyen, le Dévonien supérieur se caractérise donc par la disparition des Lingulidés, par une diminution de fréquence de certains groupes, notamment les Trilobites, les Orthocères, les Goniatites, les Eoptéropodes autres que les grands Tentaculites, et par une grande abondance, dans certains niveaux, des débris de Crinoïdes (encrinites, calcaires oolithiques) et surtout de Brachiopodes, notamment les lumachelles (calcaires et grès calcaires lumachelliques). Mais dans l'ensemble de la série, la phase clastique organique n'occupe plus qu'une place secondaire à côté de ce qu'elle avait été au Dévonien moyen.

5° *Microfaciès*

Les trois dernières microphotographies de la Pl. XXI et celles de la Pl. XXII donnent une idée des microfaciès qu'on peut s'attendre à rencontrer dans le Néodévonien. Il s'agit, dans l'ordre de fréquence décroissante, des microfaciès suivants :

1. Calcaires lumachelliques silteux et siltstones calcaires lumachelliques à débris de Brachiopodes (et accessoirement de Crinoïdes, Trilobites, Tentaculites, Bryozoaires, Ostracodes, Eoptéropodes, spicules) (Pl. XXI, fig. 3; Pl. XXII, fig. 3 et 4).
2. Siltstones quartzitiques à débris recristallisés indéterminables et à spicules.
3. Encrinites et calcaires crinoïdiques (Pl. XXII, fig. 5).
4. Calcaires oolithiques à débris d'encrines (Pl. XXI, fig. 5).
5. Calcaire cristallin à Polypiers.

Tous ces microfaciès, dans la zone plissée, sont plus ou moins oblitérés par la décalcification et par l'évolution vers les quartzites ou les dolomies (Pl. XXII, fig. 4 et 5).

D. — CONDITIONS DE SÉDIMENTATION

L'interprétation des conditions de sédimentation au Dévonien supérieur est peut-être plus délicate qu'elle ne le paraît au premier abord. Nous avons affaire à une série de type finement détritique, constituée principalement d'argiles, de siltstones et de grès très fins. Ceci rappelle certaines formations du Siegenien, mais au Dévonien supérieur la disposition des sédiments est quelque peu différente : il s'agit d'une alternance *rythmique* des différents types de roches, alternance qui, jusqu'au niveau **101**, ne laisse guère entrevoir une évolution d'ensemble de la granulométrie vers des sédiments plus grossiers ou plus fins. Les bancs argileux, toutefois, sont plus puissants vers le haut, et au-delà du niveau **101**, la sédimentation devient franchement argileuse.

Ces sédiments argilo-silteux apparaissent réguliers et constants dans toute la zone d'étude. Ils ne présentent donc pas les caractères de sédiments côtiers. Ils proviennent de vases fines, formées de matériel relativement bien classé et de nature presque uniquement détritique, et qui s'accumulent régulièrement sur des fonds marins étendus. La présence de ripplemarks et de traces de Vers montre qu'il s'agit d'une sédimentation peu profonde.

Quelques épisodes lumachelliques, comportant une phase détritique analogue mais moins abondante, accompagnent de temps à autre cette sédimentation régulière; ils sont le témoin de périodes où la faune, représentée souvent par une espèce unique, se met à pulluler soudainement. Les tests s'accumulent presque intacts sur le fond.

On peut penser que cette sédimentation s'est produite dans un milieu marin peu profond, calme, suffisamment éloigné des côtes pour permettre un bon classement des sédiments et pour expliquer l'absence de matériel grossier. De petites oscillations des continents expliquent peut-être les alternances rythmiques gréso-silteuses. La fréquence plus grande des argiles vers le haut peut s'expliquer par une légère tendance transgressive de la partie supérieure de la formation.

Toutefois, dans cette série à prédominance finement détritique, deux épisodes particuliers sont intéressants à noter. Ce sont l'épisode oolithique et l'épisode subrécifal. L'origine des oolites est encore actuellement trop controversée — origine concrétionnaire purement physique pour L. CAYEUX (1935a), sécrétion interne d'Algues pour W. NESTEROV (1956), origine mixte bio-chimique pour L. DANGEARD (1953) — pour que l'on puisse en déduire avec certitude le mode de formation de notre faciès oolithique. Toutefois, quelque soit le mode de formation des oolites, L. CAYEUX a souligné que si les constructions récifales et la sédimentation oolithique calcaire sont indépendantes l'une de l'autre, les conditions de milieu qui président à leur formation sont, elles, analogues, à savoir une eau pure, de température élevée, riche en carbonate de chaux, agitée et peu profonde. Les épisodes oolithiques et subrécifaux des niveaux **94 bis** et **100** pourraient correspondre à des eaux restées peu profondes comme les sédiments détritiques qui les englobent, mais plus agitées, plus claires, la sédimentation argileuse, voire silteuse, étant momentanément diminuée ou même interrompue. Le retour, après un Givetien supérieur récifal, à une sédimentation argilo-silteuse pourrait correspondre à un climat moins chaud que précédemment, sauf pendant ces timides épisodes oolithique et subrécifal.

De toute façon, ce que l'on connaît des conditions de sédimentation de la série néodévonienne n'apporte pas la preuve, au Zemmour, de l'approche d'une régression. Bien au contraire, rien n'annonce la fin de la sédimentation paléozoïque. L'absence de sédiments plus récents que les argiles à Crinoïdes du niveau **102**, n'autorise en aucune manière à envisager une lacune du Famennien, voire du Carbonifère inférieur, ces deux subdivisions stratigraphiques pouvant n'échapper à notre observation que pour des raisons purement tectoniques.

CHAPITRE III

ÉTUDE PALÉONTOLOGIQUE

A. — LES ASSOCIATIONS DE FAUNES

Au Zemmour mauritanien, la faune néodévonienne est caractérisée par une très grande pauvreté en espèces, mais au contraire, tout au moins dans certains bancs, par une grande richesse en individus. C'est une faune de caractère néritique, dont on trouvera la répartition détaillée par niveau, dans le tableau stratigraphique XV, et qui se résume à peu de chose :

POLYPIERS : *Cyathophyllum* cf. *dianthus* GOLDF., *Striatopora* ?, *Thamnopora*; BRACHIOPODES : *Mucrospirifer bouchardi* (MURCH.), *M.* cf. *bouchardi*, *M.* sp., *Spirifer ibergensis* SCUPIN, *Spirifer* sp., *Cyrtospirifer verneuili* (MURCH.), *C.* sp. e. g. *verneuili*, *Camarotoechia* sp., *Tropidoleptus carinatus* (CONRAD), cf. *T. carinatus*, *T.* sp., *Chonetes* sp., *Productella* sp.; GASTEROPODES : *Platyceras* sp. (Pl. L, fig. 11); CEPHALOPODES : « *Orthoceras* » sp.; CRINOIDES : *Cyathocrinites* cf. *pinnatus* GOLDF.; autres espèces dont certaines ont une tige à section pentagonale (Pl. L, fig. 14); EOPTEROPODES : *Tentaculites* sp. Les espèces apparaissant avec le Dévonien supérieur sont peu nombreuses :

***Cyathophyllum* cf. *dianthus* GOLDFUSS, 1826**

Niveau 100

Répartition géographique : Vendée, bassin d'Ancenis, Allemagne, Alpes orientales.

Extension verticale : *Emsien* à *Givetien*.

Emsien ou Couvinien inférieur des Alpes orientales; calcaire de Chaudefonds (Emsien supérieur à Couvinien inférieur); calcaire à Stringocéphales d'Allemagne (Schwelmmerkalk et Eskerbergerkalk : Givetien supérieur du Wennetal). L'espèce type ne semble pas connue dans le Dévonien supérieur; en Allemagne, elle disparaît avant l'Ibergerkalk de l'Adorfer Stufe (Frasnien inférieur).

***Mucrospirifer bouchardi* (MURCHISON, 1840)**

Pl. L, fig. 8

Niveaux 91, 96 et 100 ?

Répartition géographique : Bretagne, Boulonnais, Ardenne, Espagne, Oural. Sahara espagnol, Sud du synclinal de Tindouf, Ahnet, Mouydir, Fezzan, Adrar maure.

Extension verticale : *Frasnien*.

Calcaire de la Cédule, schistes de Beaulieu et calcaire de Ferques (Frasnien inférieur et moyen du Boulonnais); sous-assise de Bovesse (Frasnien moyen du bord sud du bassin de Namur); schistes de Traouliers (partie inférieure des schistes de Rostrellec du Frasnien de Bretagne); Frasnien à *Rhynchonella cuboides* de l'Oural. En Afrique, c'est également une espèce frasnienne.

Associations : *Spirifer verneuili*, *Tropidoleptus carinatus* (Sud du synclinal de Tindouf, Frasnien inférieur); *Spirifer verneuili*, *Sp. bouchardi*, *P. subaculeata*, *Rh. boloniensis*, *Rh. ferquensis* (calcaire de Ferques).

Cyrtospirifer verneuili (MURCHISON, 1840)

Pl. L, fig. 10 Niveaux 96, 98 et 101

C. verneuili est une forme très polymorphe. Seule la forme du niveau 101, à Amgli el Harra, appartient typiquement à l'espèce. Les lumachelles des niveaux 96 et 98 contiennent une forme globuleuse et plus petite, que M^{lle} J. DROT a déterminée comme *Cyrtospirifer* sp. e. g. *verneuili*.

Répartition géographique : espèce à extension mondiale. Europe : Devonshire, Bretagne, Anjou, Boulonnais, Ardenne, Massif Central, Pyrénées, Asturies, Léon, Baléares, etc.; Asie : Bosphore, Nord de l'Iran, Timan, Sibérie, Chine, Japon; Australie et U.S.A.; Afrique : Maroc (Djebilet, Anti-Atlas), Sahara espagnol, Touat, Ahnet, Mouydir, Adrar maure.

Extension verticale : Givetien (rare), Dévonien supérieur et Strunien.

D. LE MAITRE (1952c, p. 338) rappelle que ce fossile est rare, mais existe, dans le Givetien du Boulonnais, des Asturies et du Léon. C'est le plus souvent une espèce frasnienne : calcaire de la Cédoule, schistes de Beaulieu, calcaire de Ferques, schistes rouges d'Hidrequent (Boulonnais); schistes de Traouliers (Bretagne); calcaire de Diou (Massif Central); calcaire de Cop-Choux (Loire-Maritime). Mais c'est aussi, lorsque les faciès s'y prêtent, une espèce famennienne : psammites du Condroz sur le bord sud du bassin de Dinant; Famennien du Devonshire; Famennien II du Zemmoul et de Tinfouchy. On la retrouve encore dans la zone de passage du Dévonien au Carbonifère (Strunien), sur le bord sud du synclinal de Tindouf.

En Afrique, *C. verneuili* est connu du Frasnien au Strunien. Dans le synclinal de Tindouf, P. GEVIN (1960 [1958]) le signale dans le Frasnien où il est associé à *M. bouchardi*, vers le haut du Famennien et dans le Strunien. Au Sud, on le connaît jusque dans l'Adrar maure (D. LE MAITRE, *ibid.*).

Spirifer cf. ibergensis SCUPIN, 1900

Pl. L, fig. 9 Niveaux 94, 96 et 98

Ce *Spirifer* est connu dans le calcaire corallien d'Iberg, région de Bad Grund, dans le Harz (SCUPIN, 1900). C'est donc, en Allemagne tout au moins, une espèce appartenant au Frasnien.

Tropidoleptus carinatus (CONRAD, 1839)

Pl. XXXV, fig. 10 à 12 Niveaux 69, 88,
92, 94, 97, 98 et 101

[dans les niveaux 97 et 101, *Tropidoleptus* sp.]

Voir la répartition géographique et l'extension verticale de ce fossile p. 465.

B. — DISCUSSION SUR L'ÂGE DES NIVEAUX ET LES LIMITES D'ÉTAGES

La présence de *Mucrospirifer bouchardi* du niveau 91 au niveau 100 conduit à placer tout l'ensemble 91-100 d'argiles, siltstones, grès fins et lumachelles dans le Frasnien. La persistance du genre *Tropidoleptus* dans le niveau 101 autorise à inclure également les dernières lumachelles dans le Frasnien. Quant aux argiles supérieures (niveau 102), en l'absence de faune, on ne peut rien dire sur leur âge, sinon qu'il est au moins frasnien. Dans le synclinal de Tindouf, où les lumachelles à *C. verneuili*, *M. bouchardi* et *M. mesacostalis* sont également surmontées d'argiles pratiquement azoïques, P. GEVIN attribue un âge famennien à ces argiles, mais sans preuves paléontologiques certaines.

En résumé, au Zemmour, la limite Givetien-Frasnien est bien précise; elle se situe entre les niveaux 90 à *Calceola sandalina* var. *alta* et 91 à *Mucrospirifer bouchardi*. Elle coïncide sur le terrain avec l'apparition de faciès silteux à patine noire. Tout l'ensemble 91 à 101 de grès, siltstones et lumachelles, qui comporte l'association *C. verneuili*, *Sp. ibergensis*, *M. bouchardi* et *T. carinatus*, doit être rapporté au Frasnien. Les argiles supérieures 102 sont encore vraisemblablement néodévonien, mais, en l'absence de faune, il n'est pas possible de préciser si elles appartiennent encore au Frasnien, ou si elles représentent déjà le Famennien. Pour l'instant, dans la zone étudiée, aucune faune famennienne et *a fortiori* tournaisienne n'a été observée.

CHAPITRE IV

SYNTHÈSE STRATIGRAPHIQUE

A. — LA STRATIGRAPHIE PROVISOIRE PROPOSÉE POUR LE DÉVONIEN SUPÉRIEUR DU ZEMMOUR

Les données dont on dispose sont encore trop fragmentaires pour que la stratigraphie proposée pour le Dévonien supérieur puisse avoir un caractère autre que provisoire. Le tableau stratigraphique XV groupe tous les résultats stratigraphiques, pétrographiques et paléontologiques intéressant cette formation.

FRASNIEN. La limite inférieure du Néodévonien, entre les niveaux **90** et **91**, est bien établie par la disparition de *Calceola sandalina* var. *alta* et par l'apparition des premiers *Mucrospirifer bouchardi*. Seul le Frasnien a pu être caractérisé, grâce à l'association de *Mucrospirifer bouchardi*, *Spirifer* cf. *ibergensis*, *Cyrtospirifer verneuili* et *Tropidoleptus carinatus*. Aucune faune famennienne n'a encore été observée, même dans les argiles supérieures **102**. La limite supérieure du Frasnien n'est donc pas déterminable, et se situe au moins au-dessus du niveau **101**, où l'on trouve encore des *Tropidoleptus*.

La pauvreté des faunes en espèces et notamment l'absence des *Goniatites*, ne permet pas de subdiviser utilement l'ensemble frasnien **91-101**. *Grosso-modo*, on peut dire que le Frasnien débute à la base par des siltstones, qu'il se poursuit par des alternances d'argiles, siltstones et lumachelles, avec prédominance, vers le bas, de *Spirifer* cf. *ibergensis*, et, vers le haut, de *Cyrtospirifer verneuili*. Vers le haut également, les argiles deviennent riches en Crinoïdes (**97, 99**).

Pas plus que la paléontologie, la pétrographie ne permet de subdiviser l'étage : en effet la séquence frasnienne est rythmique, et par conséquent n'est variée que dans le détail et n'évolue pas dans un sens particulier. C'est pourquoi le tableau de synthèse n° 37 reprend simplement les subdivisions rythmiques (argiles-siltstones-argiles) de la coupe d'Amgli el Harra. Il n'est pas possible pour l'instant de subdiviser l'étage d'une façon plus satisfaisante.

Toutefois, vers le 1/5 inférieur du Frasnien daté, le niveau oolithique (**94 bis**) pourrait être un bon repère stratigraphique, puisqu'on le retrouve du Nord au Sud dans les différentes coupes. Vers le 1/5 supérieur, les minces biostromes à Polypiers (**100**) pourraient constituer eux aussi d'utiles repères, mais on ne les connaît pas encore dans les coupes méridionales.

DÉVONIEN SUPÉRIEUR	?	Argiles supérieures (100 m visibles)	102	Argiles silteuses et siltstones fins.
	FRASNIEN	Argiles, grès fins, siltstones, calcaires lumachelliques et calcaires oolithiques à <i>C. verneuili</i> <i>Sp. cf. ibergensis</i> <i>M. bouchardi</i> <i>T. carinatus</i> (250 m)	101	Siltstones calcaires et calcaires lumachelliques à <i>C. verneuili</i> .
			100	Calcaire à Polypiers, à <i>Cyathophyllum</i> cf. <i>dianthus</i> .
			99	Siltstones et argiles à Crinoïdes.
			98	Grès-quartzites, siltstones et calcaires lumachelliques à <i>C. verneuili</i> , <i>Sp. cf. ibergensis</i> et <i>T. carinatus</i> .
			97	Argiles silteuses à Crinoïdes.
			96	Siltstones et calcaires lumachelliques à <i>Cyrtospirifer verneuili</i> , <i>Spirifer</i> cf. <i>ibergensis</i> et <i>Mucrospirifer</i> cf. <i>bouchardi</i> .
			95	Siltstones argileux et argiles silteuses.
			94 bis	Calcaires oolithiques silteux à Crinoïdes.
			94	Grès fins et siltstones calcaires à <i>Sp. cf. ibergensis</i> et <i>T. carinatus</i> .
			93	Siltstones micacés et argiles silteuses.
			92	Grès fins et siltstones calcaires à <i>Tropidoleptus carinatus</i> .
			91	Siltstones de base à rare <i>Mucrospirifer bouchardi</i> .

TABLEAU n° 37
Stratigraphie provisoire du Dévonien supérieur du Zemmour

Nous avons vu que les conditions de sédimentation étaient celles de mers peu profondes, étendues, aux rivages encore éloignés et aux eaux peu agitées (faunes néritiques, sédiments détritiques fins et réguliers). La tendance régressive, qui s'amorce dès le Givetien supérieur, s'affirme nettement, mais la mer atteint une sorte d'équilibre (faciès de type flysch ?), les côtes ne devant guère varier entre le début et la fin de l'étage. *Au Zemmour, la mer frasnienne est en retrait sur la mer mésodévonienne, la sédimentation détritique restant toutefois partout franchement marine.* Cependant un ou deux épisodes oolithiques et un épisode subrécifal témoignent, à certains moments, de conditions de sédimentation différentes caractérisées par la suppression de l'apport argileux et même clastique, et par des eaux plus agitées, la mer restant sans doute peu profonde.

Enfin il faut noter que la forte subsidence qui caractérise le Givetien, persiste pendant le Frasnien, puisque la partie de l'étage datée par des lumachelles atteint 250 m (rappelons, à titre de comparaison, que dans la Saoura le Frasnien n'a que 100 m).

ARGILES SUPÉRIEURES (FRASNIEN OU FAMENNIEN ?). Par suite du manque d'arguments paléontologiques, il n'est pas possible, pour l'instant, de dater la série argileuse de 100 m de puissance qui fait suite aux lumachelles et siltstones du Frasnien. Nous verrons (p. 515) que par analogie avec ce que l'on sait du bord sud du synclinal de Tindouf, on pourrait attribuer avec quelque probabilité ces argiles au Famennien, mais rien n'autorise à l'affirmer dès maintenant.

Encore mal connue, cette sédimentation argileuse semble correspondre à une nouvelle phase transgressive de la mer. Mais il ne faut pas exclure l'idée qu'il puisse s'agir, comme au Sud de Tindouf, d'argiles gypseuses lagunaires considérées par P. GEVIN (1960 [1958]) comme un signe de régression de la période famennienne, précédant la transgression strunienne ou tournaisienne. Seul un complément d'études de terrain permettra de résoudre cette question.

B. — COMPARAISONS ET CORRÉLATIONS AVEC LES RÉGIONS VOISINES

Dans tout le NW de l'Afrique, au Dévonien supérieur les faciès sont moins variés régionalement que lors des étages précédents, car les conditions de sédimentation sont les mêmes sur d'immenses étendues. Le Maroc cependant fait exception, car, comme dans les étages précédents, les différents faciès s'y échelonnent sur de courtes distances et restent proches des terres émergées. On distingue surtout des faciès détritiques à faune néritique (Brachiopodes) et des faciès schisteux ou calcaires, à faune pélagique (Goniatites). Alors que dans l'Ardenne ils atteignent leur apogée au Frasnien, les faciès récifaux disparaissent presque totalement à la fin du Dévonien moyen, et sont recouverts par des faciès schisteux.

1° Les zones émergées

Au Maroc, certaines régions devaient être émergées au Dévonien supérieur. Mais elles apparaissent légèrement décalées par rapport à celles du Dévonien moyen (E. ROCH, 1950). La « terre de l'Ouest » est maintenant envahie par l'Ouest dans la région d'Agadir, par une mer peu profonde à faune néritique (*C. verneuili*), alors qu'au contraire elle émerge dans l'Adrar N'Gout, le Pays de Skoura, le Djebel Grouz, et plus au Nord dans la Méséta, à Mechra Ben Abbou. Au contraire à Foucauld, très proche pourtant de cette dernière localité, on connaît des faciès à Goniatites (M. GIGOUT, 1951). Au Nord, une deuxième terre émergée (« terre du Rif et de la Moulouya ») est toujours, comme au Dévonien moyen, séparée de la précédente par le détroit de l'Ayachi (E. ROCH, 1950). Des indices d'émersion, ainsi que des faciès lagunaires, sont également connus dans le Tafilalet. Pour retrouver d'autres terres émergées, il faudrait sans doute aller très loin vers le Sud et vers l'Est.

2° Les faciès néritiques (grès et lumachelles à Brachiopodes)

De tels faciès sont connus en différents points du Maroc. Au Sud, les faciès franchement gréseux sont relégués fort loin. Ils constituent notamment, dans l'Adrar maure, les grès et quartzites à *C. verneuili* et *M. bouchardi*, qui surmontent les calcaires supérieurs de Dhlaiet el Ateuch à *T. carinatus* et *Sp. mucronatus* de la base du Frasnien (D. LE MAITRE, 1952c). Au Zemmour, les siltstones et les grès très fins alternent avec des argiles et des lumachelles à Brachiopodes. Il en est de même sur le bord sud du synclinal de Tindouf, où les faciès sont toutefois moins épais et à tendance plus schisteuse. Sur le flanc nord du synclinal de Tindouf et dans la région de l'Oued Zemmoul, les faciès deviennent franchement argileux, mais les faciès du Sud à Brachiopodes existent encore, tout au moins à la limite du Frasnien et du Famennien (lumachelles à *C. verneuili*). Une dernière manifestation de ce genre se retrouve dans le Touat, à El Ahmar, où des faciès à Brachiopodes (*C. verneuili* et *Sp. orbelianus*) interrompent la monotonie d'une puissante série schisteuse (B.R.P., 1956).

Pour retrouver des faciès à Brachiopodes prédominants, de même type que dans le SW, il faut aller jusque dans l'Ahnet et le Sud du Mouydir où l'on connaît des marno-calcaires à *C. verneuili* (J. FOLLOT, 1952), et dans les Tassilis N'Ajjer où J.-M. FREULON (1959) décrit des argiles cartons et lumachelles à *C. verneuili* et *Sp. mesacostalis*. Plus à l'Est encore, apparaissent des faciès franchement gréseux dans le Tadrart (grès et argiles à *Mucrospirifer*), la mer allant même jusqu'au Djado. Vers le Sud, les faciès gréso-argileux ont même atteint, au-delà de l'Ahaggar, le Tassili Oua N'Ahaggar (L. LESSARD, 1959) et vraisemblablement le NW de l'Aïr où ils pourraient passer aux grès d'Amesgueur à *Spirophyton*, pratiquement azoïques (F. JOULIA, 1959).

Les faunes de Brachiopodes, au Dévonien supérieur, sont pauvres en espèces; il n'est par conséquent pas possible d'établir des corrélations très précises entre les différents faciès à Brachiopodes que nous venons de passer en revue. Si *C. verneuili* a une trop large extension verticale (Néodévonien-Strunien), *M. bouchardi* permet tout de même de caractériser le Frasnien. Mais les

zones de WEDEKIND, zones Ia à Iδ du Frasnien et zones II à VI du Famennien, ne sont pas identifiables dans ces régions, et notamment au Zemmour. Les corrélations sont par conséquent très approchées.

3° Les faciès récifaux

Ces faciès, si abondants au Dévonien moyen, deviennent exceptionnels au Dévonien supérieur (fig. 76). Les récifs mésodévonien du Maider sont recouverts par des schistes à Goniates. Ceux de la zone récifale du Tafilalet (Hamar Laghdad) persistent toutefois à la base du Frasnien. Enfin nous avons signalé une timide manifestation subrécifale au Zemmour, vers le haut de la partie datée du Frasnien. L'explication de cette disparition générale des faciès récifaux est à rechercher dans des modifications de climat, car des changements dans les fonds marins ne pourraient expliquer qu'un déplacement latéral des zones récifales et non leur disparition quasi totale.

4° Les faciès argileux et calcaires à Goniates

Les faciès précédemment envisagés entourent *grosso-modo* une immense zone qui est occupée par les dépôts de nature pélagique : argiles et calcaires à Eoptéropodes, argiles, schistes et calcaires griottes à Goniates. Ces faciès sont connus, sous des puissances très variables, en de nombreuses régions. Comme nous l'avons vu (p. 494), au SW, les faciès à Goniates ont atteint la région située au Nord de Smara pendant le Frasnien Iβ. Ces faciès sont bien développés dans les plaines du Dra; le Frasnien (250 m ?) peut y être subdivisé en zones grâce aux Goniates; le Famennien y atteint une très forte puissance (1 100 m pour la seule zone II), mais y est caractérisé par des faciès plus néritiques où apparaissent des lumachelles à Brachiopodes et des niveaux à Poissons cuirassés. Dans le Maider, les schistes à Goniates surmontent les récifs coralliens du Givetien; dans le Tafilalet, le Frasnien, très mince, est constitué par 5 m seulement de calcaires à Goniates, avec des indices d'émersions locales, des hauts-fonds et des lagunes dans la région de Taouz.

Dans l'Ougarta, le Frasnien est seul conservé; il débute par des grès à Goniates et se poursuit par des schistes et calcaires également à Goniates. Dans l'Erg Chech, à Bir Ould Brini, d'après le B.R.P. (1956), seule la base du Frasnien est connue sur quelques mètres, et est représentée par des faciès calcaires à Styliolines. Dans la Saoura, région type des faciès à Céphalopodes, où N. MENCHIKOFF (1930) et G. PETTER (1959) ont retrouvé la plupart des zones du Néodévonien d'Allemagne, la puissance du Frasnien (100 m) reste faible en comparaison de celle du Famennien (1 000 m). Dans le Touat, l'Aïn ech Chebbi et l'Azzel Matti, le Néodévonien est également schisteux et puissant (1 700 m à 1 300 m), mais il n'est pas possible d'y préciser la limite supérieure du Frasnien, les faunes de Céphalopodes redevenant moins riches. Dans ces régions, le Frasnien fait au minimum 300 m de puissance. Au Sahara septentrional algérien, les sondages pétroliers ont rencontré des faciès qui rappellent les conditions de sédimentation du Gotlandien (calcaires argileux noirs). Ces faciès s'étendent au Sud jusque dans la partie septentrionale du Mouydir, où des Goniates ont été signalées.

Au Maroc central et occidental, on connaît des faciès à Goniates, dont les localités sont assez intriquées avec celles des faciès à Brachiopodes. D'après E. ROCH (1950), ces faciès auraient été en communication avec ceux du Tafilalet et de la Saoura, par le détroit de l'Ayachi.

Le Famennien manque souvent par érosion, ou pour de simples raisons tectoniques, par exemple dans l'Ougarta et à Bir Ould Brini. A cette époque, les faciès argileux s'étendent peut-être au Zemmour et au Sud du synclinal de Tindouf, mais ils ne peuvent y être datés avec certitude, en l'absence de faunes. Dans toutes ces régions, il existe donc une certaine indétermination quant aux conditions de sédimentation qui régnaient pendant le Famennien.

A la fin de cet étage, une régression très généralisée fait son apparition, se matérialisant par des faciès détritiques schisto-gréseux ou gréseux à Rhynchonelles. Sur le terrain, ces faciès résistants se manifestent par un relief, la « côte préassilienne ». Ce Famennien terminal à caractère régressif, qui se poursuit par un Strunien de même nature, est connu dans les plaines du Dra, dans le synclinal de Tindouf, dans la Saoura, le Touat, l'Aïn ech Chebbi, l'Azzel Matti, le Sahara septen-

trional algérien. Dans l'Ahnet et le Mouydir, ces faciès passent à des grès à Végétaux et dans le Tassili N'Ajjer à des grès à bois flottés (J.-M. FREULON, 1959). Bien des géologues voient dans cette phase régressive les premières manifestations des mouvements hercyniens (phase bretonne). Au Zemmour, malheureusement, la série paléozoïque est interrompue par tectonique juste avant ces formations, et par suite il n'est pas possible de dire si cette très générale régression s'y est également produite, et si oui, de quelle manière : par des faciès gréseux marins ou par une véritable émergence.

C. — PALÉOGÉOGRAPHIE

Au Dévonien supérieur, la mer occupait donc encore la majeure partie du NW de l'Afrique. Au Maroc, deux masses principales, séparées par le détroit de l'Ayachi, étaient émergées : d'une part la terre du Rif et de la Moulouya au Nord, d'autre part la terre de l'Ouest qui s'étendait de la région de Mechra Ben Abbou à la partie orientale du Haut Atlas et à l'Ougnat, et peut-être même à une partie de l'Anti-Atlas. A l'Ouest, la mer atteignait la région d'Agadir. Vers le Sud, il fallait sans doute aller très loin au-delà de l'Adrar maure et jusqu'à l'Aïr, pour retrouver à nouveau des rivages.

Une zone est-ouest de forte subsidence, en forme d'arc, s'étendait du Zemmour au Mouydir, en passant par les plaines du Dra, la Saoura (au Famennien), le Touat et l'Aïn ech Chebbi. Les zones à faciès pélagique ne coïncidaient pas obligatoirement avec celles des fortes subsidences. En effet, au Frasnien, la mer était peu profonde au Zemmour, dans le synclinal de Tindouf, dans l'Ahnet, le Mouydir et le Tassili N'Ajjer. Au Nord de ces régions, la mer devait atteindre de plus grandes profondeurs, comme le suggèrent les faciès pélagiques à Céphalopodes et à Eoptéropodes, notamment dans les plaines du Dra, le Menakeb, la Saoura, le Touat et l'Azzel Matti.

Vers la fin du Famennien, la mer a dû se retirer des contrées où elle s'était avancée le plus profondément. Dans les régions où les faciès argileux avaient été de règle jusqu'alors, sont réapparus partout des conditions de dépôts de mers peu profondes. Sur le bord sud du synclinal de Tindouf, la sédimentation, bien que très littorale, est toujours restée marine. Au Zemmour au contraire, aucun élément ne permet pour l'instant d'esquisser la paléogéographie du Famennien terminal.

TABLEAUX
D'ANALYSES CHIMIQUES

Tableau d'analyses chimiques 1

SERIE D'EL THLETHYATE
DOLOMIES DE LA ZONE PUISSANTE DE L'OUEST

N° analyse	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Moyenne 1-9
Analyste	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	
N° échantillon	21702	21703	21704	21705	21706	21707	21709	21710	21713	
N° niveau coupe synthétique	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a
N° coupe	Z4(BRP)	Z4	Z4	Z4	Z4	Z4	Z4	Z4	Z4	Z4
SiO ₂ (résidu)	2.92	6.72	8.05	2.05	3.33	4.25	2.54	1.88	1.55	3.70
Al ₂ O ₃	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	-	tr.	0.00	tr.	tr.
Fe ₂ O ₃	1.47	2.70	1.42	0.75	2.80	1.13	1.30	0.85	2.05	1.61
MgO	20.40	18.50	19.15	20.25	19.80	19.95	20.50	21.05	20.30	19.99
CaO	29.60	28.60	28.20	30.60	29.04	29.85	29.50	29.90	30.58	29.54
BaO	-	-	0.20	-	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	0.05	0.20	0.05	-	-	0.05	0.05	0.00	0.10	0.05
SO ₃ insoluble	-	-	0.10	-	-	-	-	-	-	-
SO ₃ soluble	-	-	0.26	-	-	0.19	-	-	-	-
Perte au feu	45.45	42.90	42.70	46.05	44.79	44.75	45.57	46.05	45.83	44.90
H ₂ O ⁻	0.10	0.31	0.12	0.20	0.14	0.11	0.13	0.10	0.12	0.15
Totaux.....	99.99	99.93	100.25	99.90	99.90	100.28	99.59	99.83	100.53	99.94

SO ₃ BaO (barytine)	-	-	0.30	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₃ CaO 2 H ₂ O (gypse)	-	-	0.57	-	-	0.41	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅ 3 CaO	0.11	0.44	0.11	-	-	0.11	0.11	-	-	0.22	tr.
Fer métal	1.03	1.89	0.99	0.53	1.96	0.79	0.91	0.60	1.44	0.12	1.13
Calcite	2.13	4.74	2.40	4.39	2.73	3.45	1.80	1.16	4.03	2.98	
Dolomite	93.29	84.61	87.58	92.61	90.55	91.23	93.75	96.26	92.83	91.41	
Total carbonates	95.42	89.35	89.98	97.00	93.28	94.68	95.55	97.42	96.86	94.39	
CO ₂ calculé	45.48	42.49	42.87	46.15	44.44	45.08	45.56	46.47	46.10	44.96	
K ₁ = K/D+K	2.23	5.30	2.67	4.53	2.93	3.64	1.88	1.19	4.16	3.17	
D ₁ = D/D+K	97.77	94.70	97.33	95.47	97.07	96.36	98.12	98.81	95.84	96.83	
"Insolubles"	4.58	10.65	10.02	3.00	6.72	5.32	4.45	2.58	3.14	5.61	

21702 - Dolomie microcristalline massive bleu noir à filonnets blancs de dolomie cryptocristalline - chaîne de Dhlou, à l'Ouest de Tighirt.

21703 - Dolomie microcristalline très légèrement siliceuse - même localité.

21704 - Dolomie silteuse microcristalline rose pâle, à rares plages de barytine, à filonnets de calcédoine, à Stromatolithes - même localité.

21705 - Dolomie microcristalline bleu noir - même localité.

21706 - Dolomie microcristalline grise, à zones ocres irrégulières limonitiques et silteuses - même localité.

21707 - Dolomie microcristalline grise, à petites taches rouges de dolomite ferrugineuse, à *Conophyton*, à filonnets de calcite - même localité.

21709 - Dolomie microcristalline gris foncé, à géodes claires de dolomite, calcite, limonite et quartz - même localité.

21710 - Dolomie microcristalline grise à petites géodes jaunes de dolomite et oxydes de fer - même localité.

21713 - Brèche dolomitique monogénique intraformationnelle jaune et rose à débris noirs - même localité.

Tableau d'analyses chimiques 2

SÉRIE D'EL THLETHYATE
DOLOMIES, DOLOMIES GRESEUSES ET GRES DOLOMITIQUES (2) (ZONE INTERMEDIAIRE D'EL THLETHYATE)

N° analyse	10	11	12	13	14	15	16	17
Analyste	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.
N° échantillon	2094	2088	2089	2086	2093	2091	2090	2087
N° niveau coupe synthétique	2 ^b	2 ^b	2 ^b	2 ^b	2 ^b	2 ^b	2 ^b	2 ^b
N° coupe	A	A	A	A	A	A	A	A
Insoluble ClH (SiO ₂ + Al ₂ O ₃)	3.90	7.25	9.05	17.50	25.40	32.45	33.15	66.20
(Al ₂ O ₃) + Fe ₂ O ₃ (soluble ClH)	2.25	1.45	1.40	1.85	2.00	1.55	1.55	2.20
MgO	19.60	19.30	19.00	17.30	15.70	14.30	14.15	6.08
CaO	29.50	27.85	27.20	24.65	22.30	20.10	19.75	10.10
Perte au feu	44.35	43.75	42.45	37.45	34.50	30.90	30.70	14.90
H ₂ O ⁻	0.30	0.40	0.30	0.30	0.30	0.35	0.50	0.15
Totaux.....	99.90	100.00	99.40	99.05	100.20	99.65	99.80	99.63

Fer métal maximum	1.58	1.02	0.98	1.30	1.40	1.09	1.09	1.54
Calcite	4.04	1.84	1.42	1.09	0.86	0.41	0.15	2.95
Dolomite	89.64	88.26	86.90	79.12	71.80	65.39	64.71	27.81
Total carbonates	93.68	90.10	88.32	80.21	72.66	65.80	64.86	30.76
CO ₂ calculé	44.58	42.95	42.12	38.26	34.66	31.40	30.96	14.58
K ₁ = K/D + K	4.31	2.04	1.61	1.36	1.18	0.62	0.23	9.59
D ₁ = D/D + K	95.69	97.96	98.39	98.64	98.82	99.38	99.77	90.41
"Insolubles"	6.32	9.90	11.68	19.79	27.34	34.20	35.14	69.24

2094 - Dolomie microcristalline à *Conophyton* - El Thlethyate.

2088 - Dolomie microcristalline mauve à Stromatolithes douteux - El Thlethyate.

2089 - Dolomie légèrement silteuse gris mauve, à *Collenia*, à géodes de dolomite, quartz secondaire et goethite - El Thlethyate.

2086 - Grès dolomitique feldspathique à passées de dolomie gréseuse et à nodules de dolomie microcristalline - El Thlethyate.

2093 - Dolomie silteuse microcristalline finement litée brun rouge - El Thlethyate.

2091 - Dolomie silteuse microcristalline brune - El Thlethyate.

2090 - Dolomie silteuse légèrement micacée microcristalline brun rouge - El Thlethyate.

2087 - Grès dolomitique légèrement feldspathique à grain très fin (limite siltstone) brun jaune - El Thlethyate.

Tableau d'analyses chimiques 3

DOLOMIES ET DOLOMIES GRESEUSES (1-2) ZONE REDUITE DU SUD-EST (AGHACHAN EL AKHDHAR)

SERIE D'EL THLETHYATE

N° analyse	18	19	20	21	22	23	24
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	2042	2049	2051	2052	2048	2052 ^{bis}	2050
N° niveau coupe synthétique	I	2 ^c	2 ^c	2 ^c	2 ^c	2 ^c	2 ^{iv}
N° coupe	cf. B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂	B ₂
Insoluble ClH (SiO ₂ + Al ₂ O ₃)	31.10	46.30	36.35	9.70	8.55	1.35	12.10
(Al ₂ O ₃) + Fe ₂ O ₃ (soluble ClH)	2.40	2.80	1.90	3.00	2.00	2.30	2.70
MgO	13.30	9.22	13.15	16.80	18.90	20.60	18.10
CaO	21.70	17.50	18.70	28.50	27.75	29.45	26.70
Perte au feu	31.55	23.60	28.95	41.00	42.80	45.15	41.30
H ₂ O ⁻	0.35	0.20	0.15	0.20	0.50	0.25	0.15
Totaux.....	100.40	99.62	99.20	99.20	100.50	99.10	101.05

Fer métal maximum	1.68	1.96	1.33	2.10	1.40	1.61	1.89
Calcite	5.75	8.37	0.76	9.20	2.65	1.47	2.77
Dolomite	60.82	42.17	60.14	76.83	86.44	94.21	82.77
Total carbonates	66.57	50.54	60.90	86.03	89.09	95.68	85.54
CO ₂ calculé	31.57	23.82	29.05	40.74	42.44	45.63	40.74
K ₁ = K/D + K	8.64	16.56	1.25	10.69	2.97	1.54	3.24
D ₁ = D/D + K	91.36	83.44	98.75	89.31	97.03	98.46	96.76
"Insolubles"	33.43	49.46	39.10	13.97	10.91	4.32	14.46

2042 - Conglomérat à galets de granite et de quartz et à matrice de dolomie microcristalline gréseuse - Aghachan el Akhdhar.

2049 - Dolomie calcaire fortement gréseuse feldspathique, brun violacé, à concrétions de dolomie fine bleue - Aghachan el Akhdhar.

2051 - Dolomie grise à lits de dolomie gréseuse et à lits de grès dolomitique - Aghachan el Akhdhar.

2052 - Dolomie calcaire rose à grain très fin, à lits de la même dolomie remaniée dans une dolomie calcaire silteuse ferrugineuse - Aghachan el Akhdhar.

2048 - Dolomie gréseuse gris rose, à lits en stratification entrecroisée de grès dolomitique - Aghachan el Akhdhar.

2052^{bis} - Dolomie gris mauve à *Conophyton* - Aghachan el Akhdhar.

2050 - Dolomie à nodules de dolomie silicifiée - Aghachan el Akhdhar.

Tableau d'analyses chimiques 4

SERIE DE L'OUMAT EL HAM

GRES, SCHISTES, GLAUCONITES, CALCAIRES SILTEUX (6 à 11)

N° analyse	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Analyste	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.
N° échantillon	21729	541	540	2036	315	2001	2180	2183	2186
N° niveau coupe synthét.	6	7	7	8	8	8	8 ^{bis}	9	11
N° coupe	cf. C ₁	F ₁	F ₁	C ₂	E ₁	C ₁	D ₆	D ₈	D ₉
SiO ₂	55.11	35.50	38.10	72.00	60.80	48.60	16.95*	70.82	97.51
Al ₂ O ₃	19.95	7.90	5.94	12.78	14.73	17.30	0.60	16.63	0.77
Fe ₂ O ₃	8.10	45.48	46.16	5.77	9.04	11.15	2.95	2.32	0.48
FeO	-	2.03	1.94	2.15	2.36	2.07	-	-	-
MnO	0.02	tr.	0.02	0.00	0.02	0.02	-	0.02	0.00
MgO	1.63	1.40	2.04	1.49	2.07	2.85	0.51	0.69	0.58
CaO	0.86	1.62	0.65	1.17	0.82	0.55	43.12	0.34	0.77
Na ₂ O	0.26	-	-	-	0.55	0.16	-	0.55	0.11
K ₂ O	3.70	-	-	-	3.15	7.00	-	2.25	0.07
TiO ₂	1.00	0.40	tr.	0.70	0.60	0.10	-	0.64	0.00
P ₂ O ₅	0.10	0.30	0.75	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.25
SO ₃	-	-	-	-	-	-	0.10	-	-
Perte au feu $\left\{ \begin{array}{l} \text{CO}_2 \\ \text{H}_2\text{O} \end{array} \right.$	6.00	3.40	2.50	3.52	5.10	5.95	33.77	4.32	0.44
H ₂ O ⁻	2.50	1.12	0.54	0.20	1.20	4.50	1.92	1.30	0.12
Totaux.....	99.23	99.72	99.64	99.88	100.54	100.35	99.97	99.93	101.10

SO ₃ CaO 2 H ₂ O (gypse)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅ 3 CaO	0.22	0.65	1.64	0.22	0.22	-	-	-	0.22	0.11	0.55	-
Fer métal	5.67	33.41	33.82	5.72	8.16	-	-	-	8.16	1.62	0.34	-
Calcite	1.54	2.26	0.00	1.88*	1.25*	-	-	-	75.50*	-	1.00*	-
Dolomite	-	-	-	-	-	-	-	-	2.34	-	-	-
CO ₂ FeO	-	3.27	3.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total carbonates	-	-	-	-	-	-	-	-	77.84	-	-	-
CO ₂ combiné	0.68	-	-	0.83*	0.55*	-	-	-	34.34	-	0.53*	-
K ₁ = K/D + K	-	-	-	-	-	-	-	-	96.99	-	-	-
D ₁ = D/D + K	-	-	-	-	-	-	-	-	3.01	-	-	-
H ₂ O ⁺ calculée	5.32	-	-	2.69**	4.55**	-	-	-	-	-	-	-
"Insolubles"	-	-	-	-	-	-	-	-	22.16	-	-	-

* Pourcentage maximum

** Pourcentage minimum.

21729 - Argile micacée verte à nodules silteux - Oumat Chaggag.

541 - Minerai de fer provenant d'une glauconitite à débris de Lingulidés - Gara Bouya Ali.

540 - Minerai de fer provenant d'une glauconitite gréseuse à débris phosphatés de Lingulidés et d'os - Gara Bouya Ali.

2036 - Pépite (siltstone) micacée à lits de glauconie et à lits argileux - Oumat Chaggag.

315 - Pépite (siltstone) micacée schisteuse à grains de glauconie et de quartz éolien, à débris de Lingulidés - Gour Lemdelbeh.

2001 - Glauconie en grains (séparée magnétiquement) provenant d'une pépite micacée un peu gréseuse à glauconie - Oumat Chaggag.

2180 - Calcaire gréseux - Oued Ezrayeb.

2183 - Pépite argileuse à séricite, noire - Oued Ezrayeb.

2186 - Quartzite gris clair à Scolithes et à organismes phosphatés - Oued Ezrayeb.

Tableau d'analyses chimiques 5
NIVEAUX PHOSPHATES DU CAMBRO-ORDOVICIEN (10 , 14)

N° analyse	34	35	36
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	2185*	317*	2163*
N° niveau coupe synthétique	10	14	14
N° coupe	D ₉	E ₁	D ₁
SiO ₂ (insoluble)	10.42	42.96	58.87
Al ₂ O ₃	3.30	1.92	1.22
Fe ₂ O ₃	4.86	1.30	1.80
FeO	-	-	-
MnO	-	-	-
MgO	0.76	0.07	0.20
CaO	42.88	27.08	20.56
Na ₂ O	-	-	-
K ₂ O	-	-	-
TiO ₂	-	-	-
P ₂ O ₅	31.70	21.10	15.00
SO ₃	-	-	-
Perte au feu	3.84	2.04	1.36
H ₂ O ⁻	?	?	?
Totaux.....	97.76	96.47	99.01

P ₂ O ₅ 3 CaO	69.19	46.07	32.74
Fer métal	3.40	0.91	1.26
Calcite	7.73	3.61	4.54
Dolomite	3.48	0.31	0.92
Total carbonates	11.21	3.92	5.46
CO ₂ calculé	5.06	1.74	2.44
K ₁ = K/D + K	68.96	92.09	83.15
D ₁ = D/D + K	31.04	7.91	16.85
"Insolubles"	88.79	96.08	94.54
Insoluble sans phosphate	19.60	50.01	61.80

* Analyses sur galets triés.

2185 - Nodules triés de grès phosphaté et de phosphate (conglomérat à la base des grès à Scolithes supérieurs) - Oued Ezrayeb.

317 - Nodules triés de phosphate gréseux et silteux noir (conglomérat de la base de la série de Garat el Hamoueid) - Gour Lemdeïlbeh.

2163 - Nodules triés de phosphate gréseux et silteux noir (conglomérat de la base de la série de Garat el Hamoueid) - Oumat el Ham.

Tableau d'analyses chimiques 6
SCHISTES GOTLANDIENS (16 et 24)

N° analyse	37	38	39	40
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	542	21517	21519	552
N° niveau coupe synthétique	16	16	16	24
N° coupe	F ₂	E ₂	E ₂	F ₂
SiO ₂	56.28	46.64	49.21	52.97
Al ₂ O ₃	21.14	27.69	22.40	22.96
Fe ₂ O ₃	3.46	6.62	1.90	4.24
FeO	-	-	0.36	0.65
MnO	0.00	tr.	0.01	tr.
MgO	0.62	0.16	0.25	0.81
CaO	0.98	0.68	0.99	1.07
Na ₂ O	0.40	0.25	0.38	0.15
K ₂ O	2.60	2.30	4.10	2.50
TiO ₂	1.00	1.10	1.20	0.70
P ₂ O ₅	0.05	0.10	0.18	0.05
SO ₃ soluble (gypse)	0.21	1.08	0.37	0.72
SO ₃ insoluble volatil (alunite)	-	-	3.23	-
Cl-	-	-	0.10	-
Perte au feu	9.44(1)	10.70	11.78	10.52(1)
H ₂ O-	2.60	2.72	1.70	3.85
Totaux.....	98.78	100.04	98.16	101.19

Cl Na	-	-	-	-
SO ₃ CaO 2 H ₂ O	0.45	2.32	0.16	-
P ₂ O ₅ 3 CaO	0.11	0.22	0.79	1.55
Fer métal	2.42	4.63	0.39	0.11
			1.61	3.47
Calcite (maximum)	1.38	-	0.93	0.90
CO ₂ calculé	0.61	-	0.41	0.40
H ₂ O* (+C +S)	8.83	10.21	11.37	10.12
Illite pauvre en K (approximativement)	-	-	66.1?	40.3?
Kaolinite	-	-	0.0	23.8?

(1) Présence de matières carbonacées non dosées, mais en quantité appréciable.

542 - Schiste argileux un peu micacé, à passées un peu silteuses, noir, à Graptolites - falaise entre la Gara Bouya Ali et la Kédia Leglaga.

21517 - Schiste argileux légèrement silteux noir, azoïque, à efflorescence de soufre - Guelb Sensal nord.

21519 - Schiste argileux très légèrement micacé et silteux, noir, à Graptolites - Guelb Sensal nord.

552 - Schiste argileux sériciteux à *Avicula glabra* et *Monograptus priodon* - Kédia Leglaga.

Tableau d'analyses chimiques 7

ARGILES FERRUGINEUSES (OCRES), ARGILES GYPSEUSES, GYPSES DU GOTLANDIEN (17 et 19)

N° analyse	41	42	43	44	45
Analyste	B. M.	J. I.	J. I.	B. M.	B. M.
N° échantillon	21524	321 A	321 B	21522	21520 B
N° niveau coupe synthétique	19	19	19	19	17
N° coupe	E ₂	fig. 47 b ₂	fig. 47 b ₂	E ₂	E ₂
SiO ₂	55.13	52.3	47.6	4.85	} 4.95
Al ₂ O ₃	14.25	20.8(2)	22.8	4.64	
Fe ₂ O ₃	9.49	13.1	4.0	0.86	1.62
FeO	-	-	-	-	-
MnO	0.02	-	-	0.05	0.04
MgO	1.96	0.1	0.1	0.66	1.02
CaO	1.40	6.4	7.3	28.18	46.53
Na ₂ O	1.30	-	-	0.65	0.15
K ₂ O	2.50	-	-	0.13	0.20
TiO ₂	0.80	-	-	-	0.00
P ₂ O ₅	0.05	-	-	0.05	0.06
SO ₃ soluble (gypse)	0.09	2.5	13.6	36.80	8.25(3)
SO ₃ insoluble volatil	-	-	-	-	-
Cl ⁻	-	-	-	-	tr.
Perte au feu	6.68	4.7	4.3	10.50	34.20
H ₂ O ⁻	2.84	-	-	13.00	2.96
Totaux.....	96.51	99.9	99.7	100.37	99.98

SO ₃ CaO 2 H ₂ O	0.19	5.38	29.24	79.12	13.38 ^{gypse}
SO ₂ MgO 7 H ₂ O (epsomite)	-	-	-	-	6.22(4)
P ₂ O ₅ 3 CaO	0.11	-	-	0.11	0.13
Fer métal	6.64	9.17	2.8	0.60	1.13
Calcite	0.00	8.05	-	2.57	75.27
Dolomite	4.20(1)	0.46	-	3.02	-
Total carbonates	4.20	8.51	-	5.59	75.27
CO ₂ calculé	2.01	3.76	-	2.57	33.12
K ₁ = K/D + K	0.00	94.59	-	45.97	100.00
D ₁ = D/D + K	100.00	5.41	-	54.03	0.00
H ₂ O* total (calculée)	4.67	0.94	-	7.93	1.08
H ₂ O* gypse	0.04	-	-	-	-
H ₂ O* restant (argile, hydroxydes)	4.63	-	-	-	-
Illite pauvre en K	40.33	-	-	-	-

(1) Repérée aux rayons X

(2) Y compris les alcalins

(3) SO₃ fixe après calcination (gypse)

(4) La totalité du MgO a été calculée sous forme d'epsomite qui a été observée aux rayons X alors que la dolomite ne l'a pas été.

21524 - Argile ferrugineuse (ocre) légèrement pélite brun clair - Guelb Sensal.

321A - Argile fortement ferrugineuse, gypseuse (ocre jaune gypseux) jaune - 4 km SSE d'Aguelt el Fiadh.

321B - Argile fortement ferrugineuse, gypseuse (ocre jaune gypseux) jaune - 4 km SSE d'Aguelt el Fiadh.

21522 - Gypse argileux rubanné très légèrement carbonaté, gris, azoïque - Guelb Sensal.

21520B - Calcaire magnésien gypseux à matières carbonacées, un peu argileux, à petites "Rhynchonelles" - Guelb Sensal.

Tableau d'analyses chimiques 8
NIVEAUX CARBONATES DU GOTLANDIEN (18 à 23)

N° analyse	46	47	48	49	50	51	52
Analyste	J.I.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.
N° échantillon	320	21644	21526	21738	548 ^{bis}	408	2122
N° niveau coupe synthétique	18	20	21	21	23	20	23
N° coupe		E ₂	E ₂		F ₂		
SiO ₂ (résidu)	6.4	2.76	8.00	11.10	4.80	6.16	7.54
Al ₂ O ₃	2.2	tr.	-	-	0.75	tr.	tr.
Fe ₂ O ₃	0.8	1.50	-	-	1.35	3.00	2.30
FeO	-	-	-	-	-	-	-
MnO	-	-	-	-	-	-	-
MgO	0.3	0.99	16.55	4.25	7.50	18.80	19.05
CaO	50.0	52.40	30.65	42.80	39.80	28.25	28.02
Na ₂ O	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	-	0.15	-	-	0.20	0.05	0.10
SO ₃	tr.	-	-	-	3.00	-	-
Perte au feu	40.2	41.95	42.75	39.20	38.90	43.25	43.02
H ₂ O ⁻	-	0.16	0.10	0.15	1.10	0.43	0.43
Totaux.....	99.9	99.91	98.05	97.50	97.40	99.94	100.46

SO ₃ CaO 2 H ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅ 3 CaO	-	0.33	-	-	-	-	6.45	-
Fer métal	0.56	1.05	-	-	-	-	0.44	0.11
							0.95	2.10
Calcite	88.56	90.79	13.66	65.88			48.29	3.69
Dolomite (1)	1.36	4.53	75.69	19.44			34.30	85.98
Total carbonates	89.92	95.32	89.35	85.32			82.59	89.67
CO ₂ calculé	39.62	42.11	42.15	38.27			37.62	42.68
K ₁ = K/D + K	98.49	95.25	15.29	77.22			58.47	4.12
D ₁ = D/D + K	1.51	4.75	84.71	22.78			41.53	95.88
H ₂ O* calculée (2)	0.6	0.00	0.60	0.93			1.28	0.57
"Insolubles"	10.08	4.68	10.65	14.68			17.41	10.33
								10.32

(1) La proportion de dolomite est calculée sur la totalité de MgO, c'est donc une quantité maxima, une petite partie de la chlorite signalée aux rayons X pouvant avoir été décomposée.

(2) Le H₂O* calculé est la différence entre la perte au feu totale et CO₂. En réalité les roches contiennent aussi du carbone ; ceci, ajouté aux erreurs d'expérience, fait que cette donnée calculée est très approximative.

320 - Calcaire légèrement argileux bleu noir à *Monograptus priodon* - Oued el Fiadh, à 5 km Nord des Gour Lemdélbeh.

21644 - Calcaire relativement pur à traces de phosphate, à Orthocères et débris de Brachiopodes - Guelb Sensal nord.

21526 - Dolomie légèrement calcaire à débris de *Scyphocrinus* (encrinite) - Guelb Sensal nord.

21738 - Calcaire légèrement dolomitique à débris de *Scyphocrinus* (encrinite) - synclinal de l'Oumat Chaggag.

548^{bis} - Calcaire dolomitique microcristallin gris à Polypiers, Bryozoaires et Lamellibranches - Kédia Leglaga.

408 - Dolomie microcristalline beige à empreintes de *Cardiola interrupta* et d'Orthocères - 1,5 km Nord du Guelb Sensal nord.

2122 - Dolomie à entroques (calcaire à entroques dolomitisé) jaune clair, à forte porosité, à *Scyphocrinus elegans* - Oglats entre Aidiata et Dhlou.

Tableau d'analyses chimiques 9
NIVEAUX CARBONATES DE LA ZONE DE PASSAGE ET DU GEDINNEN (27 à 30)

N° analyse	53	54	55	56	57	58
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	554	575	558	573	21529	21570
N° niveau coupe synthétique	27	29	29	29	29	30
N° coupe	F ₃	F ₃	F ₃	F ₃	F ₃	F ₃
SiO ₂ (1)	5.06	11.99	25.44	5.07*	16.63*	30.60*
Al ₂ O ₃	0.24	2.13	1.03	2.00	2.44	14.88
Fe ₂ O ₃	2.64	3.27	3.70	2.28	3.08	10.49
FeO	-	-	-	-	-	-
MnO	-	1.20	-	0.20	0.32	0.05
MgO	6.55	1.52	1.42	0.79	0.86	1.76
CaO	41.33	43.05	37.80	48.60	41.59	16.20
Na ₂ O	-	-	-	0.37	0.24	1.37
K ₂ O	-	-	-	0.15	0.24	0.85
TiO ₂	-	-	-	tr.	tr.	0.50
P ₂ O ₅	0.15	0.75	0.15	0.10	0.21	0.00
SO ₃	0.39	-	-	-	-	3.06
Perte au feu	40.07	35.76	30.92	40.50	33.46	15.70
H ₂ O ⁻	0.26	0.51	0.18	0.32	0.25	4.00
Totaux.....	96.69	100.18	100.64	100.38	99.32	99.46

SO ₃ CaO 2 H ₂ O	0.84	-	-	-	-	6.58
P ₂ O ₅ 3 CaO	0.33	1.64	0.33	0.22	0.46	0.00
Fer métal	1.85	2.29	2.59	1.60	2.16	7.34
Calcite	56.74	71.51	63.65	84.63	71.64	21.51
Dolomite (2)	29.95	6.95	6.49	3.61	2.38	3.98
Total carbonates	86.69	78.46	70.14	88.24	74.02	25.49
CO ₂ calculé	39.27	34.78	31.10	38.96	32.66	11.37
K ₁ = K/D+K	65.45	91.14	90.75	95.91	96.78	84.39
D ₁ = D/D+K	34.55	8.86	9.25	4.09	3.22	15.61
H ₂ O ⁺ calculée (3)	0.80	0.98	-	1.54	0.80	4.33
"Insolubles"	13.31	21.54	29.86	11.76	25.98	74.51

(1) Résidu comportant de la silice plus des silicates. Les analyses complètes, comportant une fusion alcaline, sont marquées d'un astérisque*.

(2) La proportion de dolomite est calculée sur la totalité du MgO, c'est donc une quantité maxima, une petite partie pouvant provenir de la chlorite ou de la montmorillonite.

(3) Le H₂O⁺ calculé est la différence entre la perte au feu totale et le CO₂ des carbonates de CaO et de MgO. C'est donc une valeur maxima dont il faudrait déduire le CO₂ combiné à FeO, et le carbone.

554 - Calcaire dolomitique lumachellique un peu silteux à Trilobites - Oudeï Sekkoum, ENE de Khang Lejouad.

575 - Calcaire magnésien lumachellique un peu argileux à Trilobites - Oudeï Sekkoum, 6 km ENE de Khang Lejouad.

558 - Calcaire magnésien lumachellique silteux un peu ferrugineux à Trilobites - Oudeï Sekkoum.

573 - Calcaire lumachellique légèrement silteux à Trilobites - Oudeï Sekkoum.

21529 - Calcaire grés-silteux un peu argileux à fins débris de fossiles - entre Guelb Sensal et Tighirt.

21570 - Marne légèrement dolomitique ferrugineuse (contenant de la montmorillonite) - Oudeï Sekkoum.

Tableau d'analyses chimiques 10
NIVEAUX GRESO-SILTEUX DU DEVONIEN INFÉRIEUR (34 à 64)

N° analyse	59	60	61	62	63	64	65
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	21657	21659	21758	384	352	2026	21754
N° niveau coupe synthétique	49	53	64	56	34	56	52 ^a
N° coupe	E ₃	E ₃	B ₄		E ₃	B ₄	B ₄
SiO ₂	86.63	79.83	61.10	54.45	51.72	34.07	43.62
Al ₂ O ₃	2.00	1.60	4.97	0.50	5.41	1.39	1.50
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	0.86 2.82	1.00 4.88	0.52 2.65	1.45 3.80	2.73 -	3.53 9.60	3.90 -
FeO	-	-	-	-	-	-	-
MnO	0.02	0.00	0.30	0.15	0.20	0.20	-
MgO { soluble ClH insoluble	0.22 0.41	0.17 0.48	0.36 0.42	1.15 0.87	0.52 -	0.36 0.45	0.66 -
CaO { soluble ClH insoluble	2.60 0.16	4.35 0.28	15.80 0.40	19.30 0.20	20.51 -	25.50 0.52	27.68 -
Na ₂ O	-	-	-	-	1.75	-	-
K ₂ O	-	-	-	-	0.30	-	-
TiO ₂	0.00	0.00	0.60	0.45	0.70	0.30	-
P ₂ O ₅	1.00	0.00	0.15	0.00	0.10	1.55	0.20
Perte au feu	3.10	5.20	13.12	17.00	16.74	21.93	22.30
H ₂ O ⁻	0.30	1.15	0.50	0.14	0.18	0.50	0.30
Totaux.....	100.12	98.94	100.89	99.46	100.86	99.90	100.16

P ₂ O ₅ 3 CaO	2.17	0.00	0.33	0.00	0.22	3.38	0.44
Fer métal	2.57	4.12	2.22	3.68	1.91	<u>9.19</u>	2.73
Calcite	2.00	7.35	27.00	31.61	35.12	41.38	47.37
Dolomite	0.99	0.77	1.64	5.24	2.38	1.64	3.02
Total carbonates	2.99	8.12	28.64	36.85	37.50	43.02	50.39
CO ₂ calculé	1.36	3.60	12.66	16.42	16.59	18.99	22.29
K ₁ = K/D+K	67.0	90.5	94.27	85.78	93.65	96.19	94.01
D ₁ = D/D+K	33.0	9.5	5.73	14.22	6.35	3.81	5.99
H ₂ O ⁺ calculée	1.74	1.60	0.46	0.58	0.15	2.94	0.01
"Insolubles"	97.01	91.88	71.36	63.15	62.50	56.93	49.61

21657 - Grès silteux ferrugineux (très légèrement calcaire) - Est de Tighirt.

21659 - Grès fin (très légèrement calcaire), argileux et ferrugineux - Est de Tighirt.

21758 - Siltstone calcaire (magnésien) micacé poecilithique brun clair - Bir Aïdiat.

384 - Grès calcaire fin légèrement dolomitique et ferrugineux lumachelique - Aguel Oudiat el Khyam.

352 - Siltstone calcaire (magnésien) micacé, à rares débris de tests - Est de Tighirt.

2026 - Calcaire gréseux fortement ferrugineux, légèrement phosphaté, lumachelique - Bir Aïdiat.

21754 - Calcaire magnésien lumachelique fortement gréseux à oolithes de chamosite - Bir Aïdiat.

Tableau d'analyses chimiques 11
DALLES CALCAIRES DU DEVONIEN INFÉRIEUR (32 à 39)

N° analyse	66	67	68	69	70	71	72
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	578	21741	2003	2129	2004	21537	21648
N° niveau coupe synthétique	32	32 ou 34 ?	35	35	38	38 ?	39 ^{bis}
N° coupe			B ₄	D ₁₁	B ₄	E ₃	E ₃
SiO ₂ (résidu)	2.18	7.48	0.98	0.78	2.82	2.94	2.25
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.20	tr.	0.00	tr.	0.00
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	0.90	1.05	3.45	0.95	1.84	1.00	0.85
FeO	-	-	-	-	-	-	-
MnO	-	-	-	-	-	-	-
MgO { soluble ClH insoluble	0.46	0.82	0.75	0.82	0.86	0.83	0.53
CaO { soluble ClH insoluble	53.15	50.00	52.44	53.82	52.02	53.02	53.05
Na ₂ O	-	-	-	-	-	-	-
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-
TiO ₂	-	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	0.10	0.10	0.15	0.05	0.35	0.05	0.25
Perte au feu	42.39	39.82	42.22	43.45	41.96	42.19	42.81
H ₂ O-	0.10	0.14	0.14	0.17	0.15	0.07	0.12
Totaux.....	99.28	99.41	100.33	100.04	100.00	100.10	99.86

P ₂ O ₅ 3 CaO	0.22	0.22	0.33	0.11	0.77	0.11	0.55
Fer métal	0.63	0.74	2.42	0.67	1.29	0.70	0.60
Calcite	93.56	87.05	91.46	93.97	90.01	92.51	92.88
Dolomite	2.10	3.74	3.43	3.74	3.93	3.80	2.43
Total carbonates	95.66	90.79	94.89	97.71	93.94	96.31	95.31
CO ₂ calculé	42.17	40.09	41.88	43.13	41.48	42.52	42.03
K ₁ = K/D+K	97.80	95.88	96.39	96.17	95.82	96.05	97.45
D ₁ = D/D+K	2.20	4.12	3.61	3.83	4.18	3.95	2.55
H ₂ O ⁺ calculée	0.22	-	0.34	0.32	0.48	-	0.78
"Insolubles"	4.34	9.21	5.11	2.29	6.06	3.69	4.69

578 - Calcaire cristallin à entroques, Bryozoaires et Brachiopodes - NE de Khang Lejouad.

21741 - Calcaire (légèrement grés-silteux) à entroques et à nombreux débris de tests - Oumat Chaggag.

2003 - Calcaire légèrement ferrugineux à entroques et autres débris - Bir Aïdiat.

2129 - Calcaire lumachellique cristallin à entroques et autres débris - Douik Çreïer.

2004 - Calcaire cristallin à entroques et autres débris - Bir Aïdiat.

21537 - Calcaire cristallin à entroques (= encrinites) et autres débris - Est de Tighirt.

21648 - Calcaire cristallin à entroques (= encrinites) et autres débris - Est de Tighirt.

Tableau d'analyses chimiques 12

DALLES CALCAIRES DU DEVONIEN INFÉRIEUR (40 à 55)

N° analyse	73	74	75	76	77	78	79
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	2005	21650	21745	354	21654	21658	329
N° niveau coupe synthétique	40	40	40	44	44	52 ?	55
N° coupe	B ₄	E ₃	B ₄	E ₃	E ₃	E ₃	E ₃
SiO ₂ (résidu)	0.86	1.10	0.82	4.22	3.64	7.70	7.72
Al ₂ O ₃	0.10	0.00	0.00	0.52	0.90	0.50	2.68
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	1.00	1.42	0.80	1.90	7.95	3.14	9.55
FeO	-	-	-	6.35	-	-	-
MnO	-	-	-	-	-	-	-
MgO { soluble ClH insoluble	0.49	0.85	0.54	0.25	-	-	-
	-	-	-	0.48	0.53	0.60	1.02
CaO { soluble ClH insoluble	54.14	53.20	54.84	0.20	-	-	-
	-	-	-	47.89	47.30	47.90	42.75
Na ₂ O	-	-	-	0.34	-	-	-
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-
TiO ₂	-	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	-	-	-	0.05	-	-	-
Perte au feu	0.15	0.15	0.20	0.00	0.20	0.25	0.25
	43.20	43.03	42.74	38.32	39.00	39.47	34.95
H ₂ O ⁻	0.09	0.11	0.20	0.27	0.27	0.20	0.31
Totaux.....	100.03	99.86	100.14	100.79	99.79	99.76	99.23

P ₂ O ₅ 3 CaO	0.33	0.33	0.44	0.00	0.44	0.55	0.55
Fer métal	0.70	0.99	0.56	5.78	5.57	2.20	6.69
Calcite	95.14	92.57	96.17	84.33	82.73	83.53	73.27
Dolomite	2.25	3.89	2.47	2.19	2.41	2.72	4.66
Total carbonates	97.39	96.46	98.64	86.52	85.14	86.25	77.93
CO ₂ calculé	42.94	42.59	43.49	38.15	37.55	38.06	34.47
K ₁ = K/D+K	97.69	95.97	97.50	97.47	97.17	96.85	94.02
D ₁ = D/D+K	2.31	4.03	2.50	2.53	2.83	3.15	5.98
H ₂ O ⁺ calculée	0.26	0.44	-	0.17	1.45	1.41	0.48
"Insolubles"	2.61	3.54	1.36	13.48	14.86	13.75	22.07

2005 - Calcaire cristallin très pur à Orthocères, Brachiopodes et Crinoïdes - Bir Aidiata.

21650 - Calcaire lumachellique hétérogranulaire - Est de Tighirt.

21745 - Calcaire cristallin très pur, à Orthocères et autres débris - Bir Aidiata.

354 - Calcaire lumachellique ferrugineux (légèrement silteux) - Est de Tighirt.

21654 - Calcaire lumachellique ferrugineux - Est de Tighirt.

21658 - Calcaire lumachellique légèrement gréseux à oolithes de chamosite, nodules de phosphate et nombreux débris de tests - Est de Tighirt.

329 - Calcaire légèrement magnésien ferrugineux silteux, à débris de tests et concrétions d'hématite - Est de Tighirt.

Tableau d'analyses chimiques 13
DALLES CALCAIRES ET DOLOMITES DU DEVONIEN INFÉRIEUR (32 à 62)

N° analyse	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Analyste	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.
N° échantillon	21660	21760	386	327	308	338	470	21751	21753	21532	481
N° niveau c. s.	57 ?	66	62 ?	44	44	35	44 ??	46	48	32 ?	40
N° coupe	E ₃		E ₃	E ₃				B ₄	B ₄	E ₃	
SiO ₂ (résidu)	5.90	7.76	4.34	5.51	4.96	7.10	3.19	27.79(1)	8.28	12.72	0.90
Al ₂ O ₃	0.50	1.12	0.52	2.85	2.20	2.40	1.56	1.18	2.00	0.80	0.00
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	4.10	4.08	12.91	11.20	2.66	1.05	8.60	3.98	10.40	25.10	1.50
FeO	-	-	-	-	-	-	-	4.22	-	-	-
MnO	-	-	0.40	-	-	-	-	-	-	2.65	-
MgO { soluble ClH insoluble	0.56	2.67	2.74	6.84	8.34	8.73	13.45	0.20	-	-	-
CaO { soluble ClH insoluble	48.94	44.97	41.83	35.40	39.80	38.80	32.44	10.00	12.65	10.37	20.50
Na ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	0.41	-	-	-
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	22.92	28.00	18.82	30.35
TiO ₂	-	-	-	-	-	-	-	0.28	-	-	-
P ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-	-	0.23	-	-	-
Perte au feu	0.05	0.30	1.05	0.25	0.40	0.95	0.40	0.26	-	-	-
H ₂ O ⁻	39.57	38.36	34.95	35.50	39.90	39.90	40.41	0.50	0.40	1.00	0.15
	0.22	0.33	0.25	0.18	0.14	0.07	0.26	0.22	37.10	27.58	46.27
								0.26	0.40	0.65	0.27
Totaux.....	99.84	99.59	98.99	97.73	98.40	99.00	100.46	100.23	99.23	99.69	99.94

P ₂ O ₅ , 3 CaO	0.11	0.65	2.29	0.55	0.87	2.08	0.87	0.48	0.87	2.20	0.33
Fer métal	2.87	2.86	<u>9.04</u>	7.84	1.86	0.74	6.02	5.74	7.28	<u>19.64</u>	1.05
Calcite	85.89	73.04	65.68	45.70	49.54	45.62	23.72	15.65	17.77	5.78	3.00
Dolomite	2.56	12.22	12.53	31.28	38.13	39.92	61.50	45.73	57.85	47.42	93.75
Total carbonates	88.45	85.26	78.21	76.98	87.67	85.54	85.22	61.38	75.62	53.20	96.75
CO ₂ calculé	39.01	37.97	34.88	35.04	40.00	39.13	39.80	28.72	35.44	25.19	46.09
K ₁ = K/D+K	97.11	85.67	83.98	59.37	56.51	53.33	27.83	25.50	23.50	10.86	3.10
D ₁ = D/D+K	2.89	14.33	16.02	40.63	43.49	46.67	72.17	74.50	76.50	89.14	96.90
H ₂ O ⁺ calculée	0.56	0.39	0.07	0.46	-	0.77	0.61	-	1.66	0.77(2)	0.18
"Insolubles"	11.55	14.74	21.79	23.02	12.33	14.46	14.78	38.62	24.38	46.80	3.34

(1) Analyse complète, silice seule.

(2) Compte tenu du CO₂ combiné à FeO, soit 1.62 de CO₂ pour 4, 27 de CO₃Fe.

21660 - Calcaire lumachellique légèrement gréseux et ferrugineux, à oolithes de chamosite - Est de Tighirt.

21760 - Calcaire (légèrement) dolomitique à entroques (encrinite) et autres débris (ancien calcaire lumachellique en voie de dolomitisation) - NW de Bir Aidiata.

386 - Calcaire (légèrement) dolomitique ferrugineux un peu phosphaté - 2 km SE d'Aguelt Tighirt.

327 - Calcaire dolomitique (légèrement gréseux) à concrétions d'hématite, à débris de tests (calcaire en cours de dolomitisation) - 4 km Est d'Aguelt Tighirt.

308 - Calcaire dolomitique lumachellique légèrement silteux - 11 km NNE de Bir Aidiata.

338 - Calcaire dolomitique lumachellique légèrement gréseux - 3, 2 km Sud de Khang Lejouad.

470 - Dolomie calcaire ferrugineuse cristalline, à oolithes chlorito-calcaires - 3, 7 km Ouest de Douik el Akhdhar.

21751 - Dolomie calcaire lumachellique grése-silteuse (dolomitisation secondaire) - Nord de Bir Aidiata.

21753 - Dolomie (légèrement) calcaire ferrugineuse microcristalline un peu grése-silteuse - Nord de Bir Aidiata.

21532 - Dolomie légèrement calcaire silto-gréseuse très ferrugineuse lumachellique - entre Guelb Sensal et Tighirt.

481 - Dolomie microcristalline à Orthocères, provenant de la dolomitisation d'un calcaire lumachellique - région de Douik el Akhdhar.

Tableau d'analyses chimiques 14
NIVEAUX FERRUGINEUX DU DEVONIEN INFÉRIEUR (42, 61)

N° analyse	91	92	93	94	95
Analyste	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.
N° échantillon	21652	393	21747	2006	21757 ^{bis}
N° niveau coupe synthétique	42	42	42	42	61
N° coupe	E ₃		B ₄	B ₄	B ₄
SiO ₂	5.40	19.85	22.27	21.60	24.68
Al ₂ O ₃	5.33	9.10	13.72	10.60	2.64
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	18.62	44.20	41.75	44.98	1.91 13.95
FeO	4.95	-	2.43	6.20	-
MnO	0.25	0.60	0.55	0.05	0.05
MgO { soluble ClH insoluble	0.88	-	2.02	1.51	0.34 0.60
CaO { soluble ClH insoluble	34.18	14.65*	2.60	2.02	29.05 0.57
Na ₂ O	-	-	0.22	-	-
K ₂ O	-	-	0.17	-	-
TiO ₂	-	-	0.60	0.60	0.40
P ₂ O ₅	0.50	1.35	1.25	1.25	0.00
Perte au feu	29.06	10.25*	12.18	9.60	24.53
H ₂ O ⁻	0.32	-	0.27	0.35	0.77
Totaux.....	99.49	100.00	100.03	98.76	99.49

P ₂ O ₅ , 3 CaO	1.08	2.95	2.73	2.73	0.00
Fer métal	<u>16.89</u>	<u>30.94</u>	<u>31.11</u>	<u>36.30</u>	<u>11.10</u>
Calcite	59.99	23.30*	2.00	0.97	51.03
Dolomite (2)	-	-	-	-	1.55
Total carbonates	-	-	-	-	52.58
CO ₂ calculé	26.40	10.25	0.88	0.43(1)	23.19
K ₁ = K/D + K	-	-	-	-	97.05
D ₁ = D/D + K	-	-	-	-	2.95
H ₂ O ⁺ calculée	2.66	0.00	11.20	9.17	1.34
"Insolubles"	40.01	-	-	-	47.42

* Teneurs calculées, approximatives.

(1) Une mesure de vérification a donné environ 0.25, ce qui est du même ordre de grandeur et confirme la forte teneur en H₂O⁺.

(2) Le magnésium entrant dans la composition de la chamosite, il n'est pas possible de calculer la dolomite dans les échantillons à oolites de chamosite.

- 21652 - Calcaire très ferrugineux à oolites de chamosite et à nombreux débris de tests - Est de Tighirt.
- 393 - Minerai de fer (goethite et chlorite) à rares débris de tests calcaires - 3.7 km ESE d'Aguelt Tighirt.
- 21747 - Minerai de fer silto-gréseux à oolites de chamosite et ciment ferrugineux - Nord de Bir Aidiat.
- 2006 - Minerai de fer silteux noduleux à oolites de chamosite et ciment ferrugineux - Nord de Bir Aidiat.
- 21757^{bis} - Calcaire très gréseux ferrugineux à rares débris de tests calcaires - NW de Bir Aidiat.

Tableau d'analyses chimiques 15

NIVEAUX A NODULES PHOSPHATES DU DEVONIEN INFÉRIEUR (32, 44, 61)

N° analyse	96	97	98	99	100	101	102
Analyste	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.
N° échantillon	577	569	2132*	21757	2145	2145*	21663
N° niveau coupe synthétique	32	32	44	61	61	61	61
N° coupe	cf. F ₄	F ₄	D ₁₁	B ₄	D ₁₁	D ₁₁	E ₃
SiO ₂	2.78	55.40	38.98	10.34	8.26	27.32	14.79
Al ₂ O ₃	0.75	2.95	2.50	2.55	2.00	1.51	0.40
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	10.00	1.47	4.90	1.80	2.94	2.92	8.00
FeO	-	5.41	-	-	-	-	-
MnO	-	-	-	-	-	-	-
MgO { soluble ClH insoluble	0.95	0.82	0.09	-	0.20	-	-
CaO { soluble ClH insoluble	46.90	0.64	-	0.70	0.78	0.04	7.83
Na ₂ O	-	16.69	28.52	45.18	48.12	35.58	32.80
K ₂ O	-	0.60	-	-	-	-	-
TiO ₂	-	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	-	0.45	-	-	-	-	-
Perte au feu	0.50	0.28	17.52	2.00	8.07	20.65	8.95
H ₂ O ⁻	37.62	14.96	3.30(1)	35.76	28.04(1)	8.94	27.20
	0.34	0.49	?	0.44	?	?	?
Totaux.....	99.84	100.41	95.81	98.77	98.41	96.96	99.97

P ₂ O ₅ 3 CaO Fer métal	$\frac{1.08}{7.00}$	$\frac{0.61}{4.81}$	$\frac{38.25}{3.43}$	$\frac{4.37}{1.26}$	$\frac{17.61}{2.06}$	$\frac{45.07}{2.04}$	$\frac{19.53}{5.60}$
Calcite	80.34	27.18	13.70	74.71	66.96	19.83	20.25
Dolomite	4.35	3.74	0.40	3.21	3.58	0.18	35.81
Total carbonates	84.69	30.92	14.10	77.92	70.54	20.01	56.06
CO ₂ calculé	37.43	13.75	6.22	34.40	31.17	8.81	26.01
K ₁ = K/D + K	94.86	87.90	97.16	95.88	94.92	99.10	36.12
D ₁ = D/D + K	5.14	12.10	2.84	4.12	5.08	0.90	63.88
H ₂ O* calculée	0.19	1.06(2)	-	1.36	-	0.13	1.19
"Insolubles"	15.31	69.08	85.90	22.08	29.46	79.99	43.94

* Analyse sur galets phosphatés séparés.

(1) Mesure trop faible.

(2) Compte tenu du CO₃Mn, mais il y a peut-être aussi du CO₃Fe.

- 577 - Calcaire (légèrement magnésien) fortement ferrugineux à nodules phosphatés - 5 km NE de Khang Lejouad.
- 569 - Siltstone calcaire légèrement dolomitique ferrugineux (ankérite) lumachellique à nodules phosphatés - 7 km NE de Khang Lejouad.
- 2132 - Phosphate calcaire silteux un peu ferrugineux (analyse sur galets triés) - Douik Çreïer.
- 21757 - Calcaire légèrement gréseux lumachellique, à traces de chamosite et d'argile, à galets phosphatés silteux et gréseux - NW de Bir Aïdiat.
- 2145 - Roche complète : calcaire très légèrement ferrugineux à galets phosphatés - Douik Çreïer.
- 2145 - Analyse sur galets triés : phosphate gréseux calcaire très légèrement ferrugineux - Douik Çreïer.
- 21663 - Conglomérat à galets noirs phosphatés, un peu gréseux, à gangue de dolomie calcaire ferrugineuse - Est de Tighirt.

Tableau d'analyses chimiques 16

NIVEAUX PHOSPHATES DU COUVINIEN INFÉRIEUR (71-73)

N° analyse	103	104	105
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	2018	21673	2019
N° niveau coupe synthétique	71	71-73	73
N° coupe	B ₅	E ₄	B ₅
SiO ₂ (résidu)	38.62*	18.70	28.84
Al ₂ O ₃	1.02	7.80	1.86
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	9.55	23.72	3.64
FeO	6.60		
MnO	0.00	-	-
MgO { soluble ClH insoluble	0.70	0.60	-
CaO { soluble ClH insoluble	0.42	1.66	0.25
Na ₂ O	0.35		
K ₂ O	21.50	24.06	33.12
TiO ₂	0.33		
P ₂ O ₅	-	0.46	-
Perte au feu	-	0.47	-
H ₂ O ⁻	0.20	0.40	-
	2.00	1.50	22.80
	17.60	18.78	4.44
	0.47	1.26	?
Totaux.....	99.36	99.41	94.95

P ₂ O ₅ 3 CaO				
Fer métal				
		<u>4.37</u>	<u>3.25</u>	<u>49.79</u>
		11.31	16.60	2.55
Calcite				
Dolomite		33.12	35.66	10.35
Total carbonates		1.92	7.59	1.14
CO ₂ calculé		35.04	43.25	11.49
K ₁ = K/D+K		15.49	19.32	5.10
D ₁ = D/D+K		94.52	82.45	90.08
		5.48	17.55	9.92
H ₂ O ⁺ calculée				
		2.11	?	?
"Insolubles"				
		64.96	56.75	88.51

* Analyse comportant une fusion alcaline ; pour les autres analyses, la teneur en SiO₂ peut comporter une partie de l'alumine.

2018 - Conglomérat ankéritique ferrugineux à nodules phosphatés - NNW de Bir Aidiat.

21673 - Conglomérat ankéritique ferrugineux à nodules phosphatés - Tighirt.

2019 - Conglomérat ankéritique à nodules phosphatés, analyse de nodules triés - 1,5 km NNW de Bir Aidiat.

Tableau d'analyses chimiques 17

SILTSTONES, GRES ET GRES-QUARTZITES DU COUVINEN INFERIEUR ("GRES DE TIGHIRT" *SENSU LATO*) (68 à 76)

N° analyse	106	107	108	109	110	111	112	113
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	21761	21764	21765	21766	21768	2027	2112	21674
N° niveau coupe synth.	68	72	74	74-76	76	69	69	76 (limite 75)
N° coupe	B ₅	B ₅	B ₅	B ₅	B ₅	B ₅ -B ₆		E ₄
SiO ₂ (résidu)	81.00	71.68*	60.88*	77.26*	85.87*	92.08	89.30	87.50
Al ₂ O ₃	1.65	2.26	7.92	7.24	3.52	2.26	0.59	3.13
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	10.44	2.74 0.30	2.59 1.53	0.59 2.45	0.53 1.63	2.12	4.06	0.57
MnO	0.02	0.10	0.08	0.04	0.08	0.00	tr.	2.00
MgO { soluble ClH insoluble	0.35	2.19	4.02	0.93	0.38	0.57	0.55	0.20
CaO { soluble ClH insoluble	1.68	8.02 0.16	0.63 6.58	0.34 1.35	0.15 1.75	0.70	0.74	0.26
Na ₂ O	-	0.21	0.36	0.19	0.16	-	-	0.25
K ₂ O	-	0.95	2.20	2.45	1.65	-	-	-
TiO ₂	0.50	0.50	0.70	0.60	0.60	0.40	0.80	0.15
P ₂ O ₅	0.05	0.30	0.11	0.10	0.09	0.05	0.05	tr.
Perte au feu	2.70	9.96	11.08	3.92	2.21	1.41	1.76	2.70
H ₂ O ⁻	0.20	0.53	1.20	0.73	0.20	0.20	?	0.42
Totaux.....	98.59	99.95	100.13	98.76	99.40	99.79	97.85	99.52

P ₂ O ₅ 3 CaO	0.11	0.65	0.24	0.22	0.19	0.11	0.11	tr.
Fer métal	7.31	2.13	2.88	2.13	1.51	1.48	2.84	1.80
Calcite	2.02	8.26	1.54	0.00	2.00	1.14 maximum	**1.21 maximum	3.49
Dolomite	1.60	10.01	18.39	4.05	1.73	-	-	0.74
Total carbonates	3.62	18.27	19.93	4.05	3.73	-	-	4.23
CO ₂ calculé	1.65	8.41	9.46	1.94	1.71	0.50	0.53	1.89
K ₁ = K/D + K	55.80	45.21	7.73	0.00	53.62	-	-	82.51
D ₁ = D/D + K	44.20	54.79	92.27	100.00	46.38	-	-	17.49
H ₂ O ⁺ calculée	1.05	1.55	1.62	1.98	0.50	0.91?	1.23?	0.81
"Insolubles"	96.38	81.73	80.07	95.95	96.27	-	-	95.77

* Analyses comportant une fusion alcaline ; pour les autres analyses, la teneur en SiO₂ peut comporter une partie de l'alumine.

**On pourrait aussi calculer les carbonates sous forme de dolomite : dolomite = 2,23 ; CO₂ combiné = 1,06 et H₂O⁺ (hydroxydes de fer) = 0,70.

21761 - Siltstone quartzitique grossier ferrugineux un peu calcaro-dolomitique - NW de Bir Aïdiate.

21764 - Siltstone grossier dolomitique calcaire micacé à grains de phosphate - NW de Bir Aïdiate.

21765 - Siltstone micacé, à lits gréseux, dolomitique et argileux, ferruginisé - NW de Bir Aïdiate.

21766 - Siltstone micacé argileux dolomitique riche en minéraux lourds - NW de Bir Aïdiate.

21768 - Siltstone légèrement argileux, micacé, à traces calcaro-dolomitiques - NW de Bir Aïdiate.

2027 - Grès-quartzite très fin, micacé, un peu chloriteux, argileux et ferrugineux, à *Tropidoleptus* - SW de Bir Aïdiate.

2112 - Quartzite ferrugineux un peu micacé à *Tropidoleptus* - Oued Aïdiate, 5,5 km WSW de Bir Aïdiate.

21674 - Grès à ciment légèrement calcaire et quartzeux, à rares débris de Crinoïdes et d'Ostracodes - Tighirt.

Tableau d'analyses chimiques 18

GRES CALCAIRES ET CALCAIRES GRESO-SILTEUX A *PARASPIRER CULTRIJUGATUS* (77)

N° analyse	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	21677	2029	2149	2023	21769	21676	2030	502	21772	397	2150
N° niveau coupe synth.	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
N° coupe	E ₄	B ₆	D ₁₂	B ₅	B ₅	E ₄	B ₆	E ₄	B ₅		D ₁₂
SiO ₂	72.10	74.10	71.50	65.50	63.66	57.35	44.60	47.21	41.88	29.72	8.10
Al ₂ O ₃	9.90	2.62	0.30	0.50	0.44	1.10	2.24	0.83	2.68	0.53	0.50
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	2.24 6.07	1.14 1.50	3.00	1.60	1.70	5.15 1.60	0.58 0.80	1.65	1.23 1.60	0.55 2.10	1.67
MnO	0.20	0.05	-	-	-	0.02	0.05	-	0.25	0.15	-
MgO { soluble ClH insoluble	0.31 0.80	0.17 0.24	0.34	0.24	0.44	0.15 0.15	0.15 0.24	0.37	9.65 0.36	0.38 0.50	0.44
CaO { soluble ClH insoluble	0.85 0.40	10.06 0.30	13.37	17.84	18.20	18.85 0.40	27.27 0.35	28.00	17.10 0.70	35.70 0.50	49.20
Na ₂ O	0.85	-	-	-	-	-	0.65	-	-	-	-
K ₂ O	1.60	-	-	-	-	-	0.77	-	-	-	-
TiO ₂	0.60	0.50	-	-	-	0.00	0.30	-	0.30	0.10	-
P ₂ O ₅	tr.	0.00	0.10	0.05	0.05	0.15	0.05	0.75	tr.	0.00	0.10
Perte au feu	3.74	8.69	10.94	14.41	14.89	15.05	21.98	21.39	24.35	28.71	39.60
H ₂ O ⁻	1.68	0.27	0.50	0.18	0.59	0.18	0.59	0.12	0.58	0.10	0.07
Totaux.....	101.34	99.64	100.05	100.32	99.97	100.15	100.62	100.32	100.68	99.04	99.68

P ₂ O ₅ 3 CaO	tr.	0.00	0.22	0.11	0.11	0.33	0.11	0.64	tr.	0.00	0.22
Fer métal	5.82	1.85	2.10	1.12	1.19	4.73	0.97	1.16	1.98	1.86	1.17
Calcaire	0.75	17.54	22.82	31.15	31.30	32.96	48.22	47.49	6.59	62.81	86.56
Dolomite	1.42	0.77	1.55	1.11	2.01	0.68	0.68	1.70	44.14	1.73	2.01
Total carbonates	2.17	18.31	24.37	32.26	33.31	33.64	48.90	49.19	50.73	64.54	88.57
CO ₂ calculé	1.01	8.09	10.78	14.23	14.73	14.83	21.54	21.70	23.98	28.46	39.05
K ₁ = K/D + K	34.56	95.79	93.64	96.56	93.97	97.98	98.61	96.54	12.99	97.32	97.73
D ₁ = D/D + K	65.44	4.21	6.36	3.44	6.03	2.02	1.39	3.46	87.01	2.68	2.27
H ₂ O* calculée	2.73	0.60	0.16	0.18	0.16	0.22	0.44	?	0.37	0.25	0.55
"Insolubles"	97.83	81.69	75.63	67.74	66.69	66.36	51.10	50.81	49.27	35.46	11.43

21677 - Siltstone très argileux, assez fortement ferrugineux - Tighirt.

2029 - Grès calcaire très fin silteux micacé à Brachiopodes et Ostracodes - Sud de Bir Aïdiate.

2149 - Grès calcaire (magnésien) un peu micacé à débris disséminés de Brachiopodes, Crinoïdes et Ostracodes - Ouest de Douik Çreier.

2023 - Grès calcaire très fin à débris de Brachiopodes, Crinoïdes et Tentaculites - NNE de Bir Aïdiate.

21769 - Siltstone calcaire (magnésien) un peu micacé, riche en minéraux lourds, à Brachiopodes et Crinoïdes - NW de Bir Aïdiate.

21676 - Grès calcaire fin à traces de phosphate et ferrugineux, à débris organiques variés - Ouest de Tighirt.

2030 - Calcaire lumachellique silteux un peu micacé à débris de Brachiopodes, Tentaculites et Ostracodes - Sud de Bir Aïdiate.

502 - Calcaire fortement gréseux à entroques, à Spirifer et Ostracodes - NE de Tighirt.

21772 - Dolomie légèrement calcaire, grés-silteuse, à débris de Crinoïdes et Brachiopodes (lumachelle dolomitisée) - NW de Bir Aïdiate.

397 - Calcaire gréseux lumachellique légèrement micacé, à débris organiques variés - Agueli Oudiate el Khyam.

2150 - Calcaire lumachellique légèrement grés-silteux à débris de Crinoïdes, Bryozoaires et Brachiopodes - Ouest de Douik Çreier.

Tableau d'analyses chimiques 19
ROCHES CARBONATEES DU COUVINEN INFERIEUR

N° analyse	125	126	127	128	129
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	21672b	2128	21671	21668	21767
N° niveau coupe synthétique	74 ^{bis}	74 ^{bis}	74 ^{bis}	74 ^{bis}	76
N° coupe	E ₄	E ₄	E ₄	E ₄	B ₅
SiO ₂ (résidu)	55.0	15.40	16.85	12.65	46.65
Al ₂ O ₃	tr.	0.35	3.50	2.75	0.30
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	3.02	4.40	0.65	10.40	2.00
MnO	-	-	-	2.30	-
MgO { soluble ClH insoluble	0.40	0.96	1.03	11.65	3.80
CaO { soluble ClH insoluble	22.50	42.80	40.20	23.62	23.83
Na ₂ O	-	-	-	0.34	-
K ₂ O	-	-	-	-	-
TiO ₂	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅	0.25	0.10	1.25	1.00	0.10
Perte au feu	18.57	35.34	33.20	35.22	22.55
H ₂ O-	0.30	0.56	0.49	0.61	0.35
Totaux.....	100.04	99.91	99.65	100.89	99.58

P ₂ O ₅ 3 CaO	0.55	0.22	2.73	2.20	0.22
Fer métal	2.11	3.08	1.89	8.89	1.40
Calcite	38.65	73.84	66.60	11.14	32.91
Dolomite	1.83	4.39	4.70	53.19	17.38
Total carbonates	40.48	78.23	71.30	64.33	50.29
CO ₂ calculé	17.88	34.58	31.55	30.34	22.78
K ₁ = K/D + K	95.48	94.39	93.41	17.32	65.44
D ₁ = D/D + K	4.52	5.61	6.59	82.68	34.56
H ₂ O ⁺ calculée	0.69	0.76	1.65	4.88	?
"Insolubles"	59.52	21.77	28.70	35.67	49.71

21672b - Grès calcaire poecilithique à fins débris de Crinoïdes dominants, de Brachiopodes, Trilobites et Ostracodes - Tighirt.

2128 - Encrinite calcaire un peu magnésienne, à grains de quartz éoliens - Tighirt.

21671 - Calcaire magnésien un peu argileux à fins débris de Crinoïdes, Ostracodes et Eoptéropodes - Tighirt.

21668 - Dolomie calcaire ferrugineuse microcristalline à débris dolomitisés de Crinoïdes et Brachiopodes - Tighirt.

21767 - Calcaire dolomitique finement gréseux, légèrement micacé, à abondants débris d'Ostracodes - NW de Bir Aïdiat.

Tableau d'analyses chimiques 20

SILTSTONES CALCAIRES ET CALCAIRES SILTEUX DE L'AMGALA (89)
SILTSTONES ARGILEUX DES "POLYPIERS SUPERIEURS" (90)

N° analyse	130	131	132	133	134	135	136	137
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	430 A	21609	21689	21691	468	21690	21615	21692
N° niveau coupe synthétique	89	89	89	89	89	89	90 ^c	90 ^a
N° coupe	E ₄	F ₅	E ₄	E ₄		E ₄	F ₅	E ₄
SiO ₂	*62.90	*66.58	56.86	38.77	24.34	3.16	59.35	47.00
Al ₂ O ₃	6.27	3.37	1.02	0.50	1.55	0.00	14.63	7.74
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	1.78 2.11	1.16 4.47	2.90	1.50	2.40	2.18	1.85 5.47	0.62 4.50
MnO	0.10	0.02	-	-	-	-	0.05	0.06
MgO { soluble ClH insoluble	0.47 0.43	0.30 0.18	0.53	0.45	13.04	0.61	0.29	0.24
CaO { soluble ClH insoluble	10.92 0.40	11.70 0.52	20.94	32.05	23.13	51.69	1.23 3.22	0.72 17.35
Na ₂ O	1.54	0.18	-	-	-	-	0.30	0.46
K ₂ O	0.66	0.60	-	-	-	-	0.95	0.15
TiO ₂	0.15	0.40	-	-	-	-	2.35	1.30
P ₂ O ₅	0.00	0.10	0.10	0.10	0.05	0.10	0.90	0.60
Perte au feu	10.60	10.96	17.42	26.80	34.91	41.82	6.75	14.52
H ₂ O ⁻	1.95	0.40	0.34	0.13	0.31	0.16	2.20	2.18
Totaux.....	100.28	100.94	100.11	100.30	99.78	99.72	99.54	97.54

SO ₃ CaO 2 H ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P ₂ O ₅ 3 CaO	0.00	0.22	0.22	0.22	0.10	0.22	0.00	-	-
Fer métal	2.72	3.94	2.03	1.05	1.68	1.53	5.12	0.22	3.58
Calcite	18.33	19.94	35.86	55.90	8.77	90.58	5.03	30.17	
Dolomite	2.16	1.36	2.43	2.06	59.64	2.78	1.33	1.11	
Total carbonates	20.49	21.30	38.29	57.96	68.41	93.36	6.36	31.28	
CO ₂ calculé	9.09	9.42	16.94	25.58	32.34	41.18	2.85	13.80	
K ₁ = K/D + K	89.46	93.62	93.65	96.45	12.82	97.02	79.09	96.45	
D ₁ = D/D + K	10.54	6.38	6.35	3.55	87.18	2.98	20.91	3.55	
H ₂ O' calculée	1.51	1.54	0.48	1.22	3.32	0.64	3.90	0.72	
"Insolubles"	79.51	78.70	61.71	42.04	31.59	6.64	93.64	68.72	

* Analyse comportant une fusion alcaline ; pour les autres analyses, la teneur en SiO₂ peut comprendre une partie de l'alumine.

430 A - Siltstone micacé calcaire légèrement dolomitique - 3,2 km Nord de Bou Dreïga.

21609 - Siltstone calcaire (magnésien) micacé un peu ferrugineux - Amgli el Harra.

21689 - Siltstone calcaire (magnésien) micacé à débris d'Ostracodes - Ouest de Tighirt.

21691 - Calcaire silteux légèrement micacé à Ostracodes et débris organiques - Ouest de Tighirt.

468 - Dolomie calcaire à entroques (encrinite) silteuse - 2,5 km Ouest de Douik el Akhdhar.

21690 - Calcaire oolithique à lits d'encrinite - Ouest de Tighirt.

21615 - Siltstone argileux et micacé très légèrement calcaire magnésien, un peu ferrugineux, à débris de fossiles - Ouest d'Amgli el Harra.

21692 - Siltstone argileux calcaire, micacé, à rares débris de Crinoïdes - premier synclinal à l'Ouest de Tighirt.

Tableau d'analyses chimiques 21

MARNES A CALCEOLES (82 à 86) ET MARNES DE L'AMGALA (88)

N° analyse	138	139	140	141	142	143	144	145	Analyses de comparaison	
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	L. CAYEUX	L. CAYEUX
N° échantillon	21681	21682	21686	21606	427	21688	443	21607	I	II
N° niveau coupe synth.	82	85	88	88	88	88	88	88	Charmouthien	Toarcien
N° coupe	E ₄	E ₄	E ₄	F ₅		E ₄		F ₅	Wassy	Wassy
SiO ₂ (fusion alcaline)	43.13	50.20	65.10	53.25	28.92	28.90	29.10	15.00	9.90	21.70
Al ₂ O ₃	18.58	15.20	9.92	14.20	11.05	9.03	8.30	3.00	3.58	8.00
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	3.52 4.75	2.72 4.15	1.20 3.32	2.45 4.20	2.50* 3.00	0.75 4.07	0.00 FeO: 2.61	1.70	1.90	2.95
MnO	0.10	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02	0.04	-	0.32	0.28
MgO { soluble ClH insoluble	0.72 1.10	0.60 0.80	0.40 0.69	0.44 1.00	0.37 0.54	0.53 0.65	1.43 0.78	0.79	0.90	1.00
CaO { soluble ClH insoluble	7.93 0.43	7.65 0.44	7.36 0.25	8.76 0.42	24.90 0.43	27.70 0.37	28.50 0.35	44.40	45.40	33.90
Na ₂ O	0.92	1.25	0.35	0.30	0.50	0.64	2.25	-	0.10	0.11
K ₂ O	1.94	1.42	1.60	1.70	1.55	1.48	0.75	-	0.98	2.00
TiO ₂	0.60	0.80	0.70	0.70	0.55	0.50	0.40	-	0.20	0.30
P ₂ O ₅	tr.	0.20	tr.	0.00	0.00	0.05	tr**	0.40	0.21	0.10
Perte au feu	12.14	11.35	8.83	10.70	23.45	24.28	24.50	34.98	36.50	29.55
H ₂ O-	3.87	3.47	1.52	1.50	0.93	1.63	0.60	0.30	Cl: 0.14	Cl: 0.21
Totaux.....	99.73	100.27	101.26	99.64	98.74	100.60	99.61	100.57	100.13	100.10

P ₂ O ₅ , 3 CaO	tr.	0.44	tr.	0.00	0.00	0.11	tr.	0.87	-	-
Fer métal	5.79	4.81	3.16	4.66	3.85	3.37	2.03	1.19	-	-
Calcite	12.37	11.75	12.15	14.55	43.54	48.03	47.35	76.49	-	-
Dolomite	3.30	2.75	1.82	2.01	1.69	2.43	6.31	3.61	-	-
Total carbonates	15.67	14.50	13.97	16.55	45.23	50.46	53.66	80.10	-	-
CO ₂ calculé	7.02	6.48	6.22	7.36	19.97	22.29	23.96	35.38	35.50	27.00
K ₁ = K/D+K	78.94	81.03	86.97	87.86	96.26	95.18	88.24	95.49	-	-
D ₁ = D/D+K	21.06	18.97	13.03	12.14	3.74	4.82	11.76	4.51	-	-
H ₂ O ⁺ calculée	5.12	4.87	2.61	3.34	3.48	1.99	0.54	?	1.00	2.55
"Insolubles"	84.33	85.50	86.03	83.44	54.77	49.54	46.34	19.90	-	-

* Comprenant 1,98 % de FeO.

** En plus, traces de S, pas de cuivre.

21681 - Marne (argile calcaire) un peu silteuse à fins débris de fossiles et à Ostracodes - Ouest de Tighirt.

21682 - Marne (argile calcaire) à *Calceola sandalina* - Ouest de Tighirt.

21686 - Marne (argile calcaire) très silteuse, micacée, à rares débris de fossiles et à Ostracodes - Ouest de Tighirt.

21606 - Marne (argile calcaire) silteuse, micacée - falaise de l' Amgala, Amgli el Harra.

427 - Marne (calcaire argileux) silteuse, un peu micacée - Bou Dreïga (Sud de l'Amgala).

21688 - Marne (calcaire argileux) très légèrement silteuse et micacée, à rares débris - Ouest de Tighirt.

443 - Marne (calcaire argileux) légèrement dolomitique silteuse, indurée par métamorphisme au contact d'une dolérite - Ouest de Tighirt.

21607 - Calcaire silteux un peu argileux - Amgli el Harra.

I - Calcaire argileux (pierre à chaux hydraulique) - Charmouthien de Wassy (Yonne).

II - Calcaire argileux (calcaire à ciment) - Toarcien de Wassy (Yonne).

Tableau d'analyses chimiques 22
MARNO-CALCAIRES DE LA LIMITE COUVINIEN-GIVETIEN (80 - 81)

N° analyse	146	147	148	149	150	151	152	153
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	399	491 B	435	465	2082	21680	343	400
N° niveau coupe synthétique	80	80	80	80	81	81	81	81
N° coupe	D ₁₃					E ₄	F ₅	D ₁₃
SiO ₂ (résidu)	19.70	12.00	11.70	4.82	7.35*	10.57*	9.71	6.25
Al ₂ O ₃	0.39	2.54	1.50	tr.	3.71	4.60	1.42	1.38
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	1.38	2.50	3.36	2.70	4.87	2.67	3.66	3.48
FeO	-	-	-	-	0.90	-	-	-
MnO	-	-	-	-	0.25	0.02	-	-
MgO { soluble ClH insoluble	1.85	5.48	14.77	19.50	0.45	0.47	2.10	4.29
CaO { soluble ClH insoluble	42.00	38.57	27.90	28.90	0.28	0.31	43.85	43.90
Na ₂ O	-	-	-	-	45.02	42.18	-	-
K ₂ O	-	-	-	-	0.23	0.28	-	-
SO ₃	0.47	-	0.63	0.19	-	0.21	-	-
TiO ₂	-	-	-	-	-	0.60	-	-
P ₂ O ₅	0.10	0.15	0.30	-	0.20	0.20	0.12	0.40
Perte au feu	33.70	36.76	37.95	0.75	0.20	0.48	0.27	0.30
H ₂ O ⁻	0.15	0.48	0.23	42.70	36.68	35.00	36.87	38.85
				0.35	0.55	0.90	0.31	0.08
Totaux.....	99.74	98.48	98.34	99.91	100.69	99.99	98.31	98.93

SO ₃ CaO 2 H ₂ O	0.97	-	1.36	0.41	-	-	0.26	0.86
P ₂ O ₅ 3 CaO	0.22	0.33	0.65	1.64	0.43	1.05	0.59	0.65
Fer métal	0.97	1.75	2.35	1.89	4.11	2.92	2.56	2.44
Calcite	69.61	54.95	11.75	1.39	78.85	73.14	72.37	66.61
Dolomite	8.46	25.06	67.55	89.18	1.12	2.16	9.60	19.63
Total carbonates	78.07	80.01	79.30	90.57	79.97	75.30	81.97	86.24
CO ₂ calculé	34.67	36.15	37.42	43.19	35.68	33.21	36.43	38.68
K ₁ = K/D+K	89.16	68.68	14.82	1.53	98.60	97.13	88.29	77.24
D ₁ = D/D+K	10.84	31.32	85.18	98.47	1.40	2.87	11.71	22.76
H ₂ O ⁺ calculée	?	0.61	0.53	?	1.00	1.79	0.44	0.17
"Insolubles"	21.93	19.99	20.70	9.43	20.03	24.70	18.03	13.76

* Analyses comportant une fusion alcaline.

399 - Calcaire légèrement dolomitique lumachellique à traces de gypse - Aguellet Oudiate el Khyam.
 491 B - Calcaire dolomitique argileux microcristallin à débris de fossiles - SW de Tighirt.

435 - Dolomie légèrement calcaire un peu ferrugineuse et gypseuse à entroques - NNE de Douik el Akhdhar.
 465 - Dolomie lumachellique légèrement phosphatée à nombreux débris de fossiles - Ouest de Douik el Akhdhar.

2082 - Calcaire cryptocristallin un peu ferrugineux très riche en débris d'Ostracodes, Brachiopodes et Trilobites - Sud de Bir Aïdiate.

21680 - Calcaire argileux un peu ferrugineux à nombreux débris de fossiles - Ouest de Tighirt.

343 - Calcaire légèrement dolomitique, un peu ferrugineux, à nombreux débris de fossiles - Aguellet Nebka.

400 - Calcaire légèrement dolomitique, légèrement ferrugineux, à Crinoïdes - Aguellet Oudiate el Khyam.

Tableau d'analyses chimiques 23

CALCAIRES CONSTRUITS ET CALCAIRES A POLYPIERS DU DEVONIEN MOYEN (79, 87 et 90)

N° analyse	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165
Analyste	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.
N° échantillon	21773	21599	21604	21605	450	21684	369	21685	21601	21693	21614	21616
N° niveau coupe synth.	79	87	87	87	87	87	87	87	87	90 ^b	90 ^b	90 ^d
N° coupe	B ₆	F ₅	F ₅	F ₅		E ₄	F ₅	E ₄	F ₅	E ₄	F ₅	F ₅
SiO ₂ (résidu)	1.95	33.56	34.22	26.22	14.21	13.13	11.00	5.50	4.85	3.07	19.60*	9.53*
Al ₂ O ₃	0.00	0.20	tr.	0.00	0.93	0.20	-	0.20	tr.	0.00	10.30	4.14
Fe ₂ O ₃ { soluble ClH insoluble	1.17	1.80	1.35	1.50	2.32	1.98	3.45	2.22	1.25	0.85	1.30	7.15
FeO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23
MnO	-	-	-	-	-	-	0.05	-	-	-	tr.	0.15
MgO { soluble ClH insoluble	0.62	0.46	0.40	0.25	1.75	0.50	0.35	0.52	0.61	0.55	0.54	0.65
CaO { soluble ClH insoluble	53.67	34.55	35.10	39.98	43.20	46.17	47.30	50.60	51.40	52.80	32.94	42.50
Na ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.90	-
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.53	-
TiO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.23	-
P ₂ O ₅	0.05	0.10	0.05	0.05	0.20	0.10	0.30	0.30	0.00	0.05	0.50	0.00
Perte au feu	41.97	28.75	28.60	31.78	36.15	37.45	37.05	41.00	41.42	42.11	28.42	34.93
H ₂ O ⁻	0.12	0.29	0.13	0.13	0.10	0.18	0.00	0.10	0.14	0.15	1.05	0.42
Totaux.....	99.55	99.71	99.85	99.91	98.86	99.71	99.50	100.44	99.67	99.58	101.05	99.80

P ₂ O ₅ 3 CaO	0.11	0.22	0.11	0.11	0.44	0.22	0.65	0.65	0.00	0.11	0.11	0.22
Fer métal	0.82	1.26	0.95	1.05	1.62	1.39	2.42	1.55	0.88	0.60	2.98	5.19
Calcite	94.19	60.35	61.58	70.66	72.38	81.00	82.96	88.44	90.27	92.81	57.37	74.07
Dolomite	2.84	2.10	1.82	1.14	8.00	2.29	1.60	2.38	2.78	2.51	2.47	2.97
Total carbonates	97.03	62.45	63.40	71.80	80.38	83.29	84.56	90.82	93.05	95.32	59.84	77.04
CO ₂ calculé	42.80	27.56	27.97	31.64	35.67	36.73	37.27	40.05	41.05	42.03	26.42	34.01
K ₁ = K/D+K	97.07	96.64	97.13	98.41	90.05	97.25	98.11	97.38	97.01	97.37	95.87	96.14
D ₁ = D/D+K	2.93	3.36	2.87	1.59	9.95	2.75	1.89	2.62	2.99	2.63	4.13	3.86
H ₂ O ⁺ calculée	?	1.19	0.63	0.14	0.48	0.72	?	0.95	0.37	0.08	2.00	0.92
"Insolubles"	2.97	37.55	36.60	28.20	19.62	16.71	15.44	9.18	6.95	4.68	40.16	22.96

* Analyses comportant une fusion alcaline ; pour les autres, SiO₂ peut comprendre une partie des silicates.

- 21773 - Calcaire cristallin (encrinite) à entroques, à débris de Trilobites, Brachiopodes, Ostracodes et Tentaculites - récif d'Aldiate.
- 21599 - Calcaire silteux micacé microcristallin à Bryozoaires, Brachiopodes, Trilobites, Crinoïdes et Ostracodes - Est d'Amgli el Harra.
- 21604 - Calcaire microcristallin silteux un peu micacé, finement stratifié, à Ostracodes - Est d'Amgli el Harra.
- 21605 - Calcaire silteux semi-cristallin à débris de Crinoïdes et de Brachiopodes, Bryozoaires et Ostracodes - Est d'Amgli el Harra.
- 450 - Calcaire magnésien microcristallin silteux à débris de Trilobites, Brachiopodes, Polypiers, etc. - Douik el Akhdhar.
- 21684 - Calcaire silteux à très abondants débris de Polypiers et Bryozoaires et autres débris - Ouest de Tighirt.
- 369 - Calcaire légèrement silteux à Polypiers et *Atrypa aspera* - Est d'Amgli el Harra.
- 21685 - Calcaire légèrement silteux à abondants débris de Polypiers, Bryozoaires, Brachiopodes, Ostracodes, Crinoïdes - Ouest de Tighirt.
- 21601 - Calcaire microcristallin légèrement silteux à débris de Polypiers, Bryozoaires, Brachiopodes, etc. - Est d'Amgli el Harra.
- 21693 - Calcaire hétérogranulaire à très abondants débris de Polypiers, Bryozoaires, Crinoïdes, etc. - Ouest de Tighirt.
- 21614 - Calcaire argileux friable à débris de Crinoïdes, Brachiopodes, Trilobites et Ostracodes - Ouest d'Amgli el Harra.
- 21616 - Calcaire un peu ferrugineux à abondants débris de Polypiers, Bryozoaires, Brachiopodes, etc. - Ouest d'Amgli el Harra.

Tableau d'analyses chimiques 24
GRES FINS ET SILTSTONES CARBONATES DU DEVONIEN SUPERIEUR

N° analyse	166	167	168	169	170
Analyste	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.	B. M.
N° échantillon	431	21618	361	432	467
N° niveau coupe synthétique	94	92 (base)	94	96 ?	92
N° coupe		F ₆	F ₆		
SiO ₂	64.30	50.65	51.58	48.80	41.35
Al ₂ O ₃	2.42	3.06	2.45	-	1.40
Fe ₂ O ₃	2.43	1.00	1.04		1.30
	3.77	3.20	2.82	4.20	2.70
MnO	0.30	0.15	0.30	0.25	0.25
MgO	0.64	0.34	0.38		10.30
	0.50	0.47	0.34	0.25	0.53
CaO	13.35	20.34	22.10		16.10
	0.20	0.30	0.32	25.75	0.18
Na ₂ O	-	0.71	-	-	-
K ₂ O	-	0.92	-	-	-
TiO ₂	0.30	0.70	0.30	-	0.35
P ₂ O ₅	0.00	0.75	0.00	0.05	0.20
Perte au feu	11.83	17.20	17.94	20.25	24.67
H ₂ O ⁻	0.37	0.60	0.26	0.20	0.51
Totaux.....	100.41	100.39	99.83	99.75	99.84

P ₂ O ₅ 3 CaO	0.00	1.64	0.00	0.00	0.11	0.44
Fer métal	4.34	2.94		2.70	2.94	2.80
Calcite	22.25	33.89		38.52	45.25	2.77
Dolomite	2.93	1.55		1.73	1.14	47.11
Total carbonates	25.18	35.44		40.25	46.39	49.88
CO ₂ calculé	11.19	15.65		17.78	20.46	23.71
K ₁ = K/D + K	88.36	95.63		95.70	97.54	5.55
D ₁ = D/D + K	11.64	4.37		4.30	2.46	94.45
H ₂ O ⁺ calculée	0.64	1.55		0.16	?	0.96
"Insolubles"	74.82	64.56		59.75	53.61	50.12

431 - Grès très fin calcaire légèrement dolomitique, un peu ferrugineux, à fine stratification entrecroisée, à empreintes de *Tropidoleptus* dissous - 2 km WSW de Bou Dreïga.

21618 - Siltstone calcaire légèrement ferrugineux, lumachellique, à abondants débris de Brachiopodes et plus rares de Crinoïdes, Trilobites et Ostracodes, et riche en minéraux lourds - Oued Amgli el Harra.

361 - Siltstone calcaire grossier lumachellique à *Spirifer* sp. e.g. *iberghensis* - Oued Amgli el Harra.

432 - Siltstone fortement calcaire, légèrement ferrugineux, à abondantes empreintes de *Spirifer* - 1,8 km NW de Bou Dreïga

467 - Grès fin fortement dolomitique, légèrement ferrugineux - flanc ouest d'un synclinal à 2 km à l'Ouest de Douik el Akhdhar.

Tableau d'analyses chimiques 25

ROCHES CARBONATEES DU DEVONIEN SUPERIEUR : CALCAIRES OOLITHIQUES, CALCAIRES A POLYPIERS,
CALCAIRES LUMACHELLIQUES SILTEUX, ENCRINITES, DOLOMITES

N° analyse	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181
Analyste	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.	B.M.
N° échantillon	2074	21621	21697	21695	21634	21625	363	21700	21623	440	478
N° niveau coupe synth.	94 ^{bis}	94 ^{bis}	96	94 ^{bis}	100	96	98	96	96	100	101
N° coupe		F ₆			F ₆	F ₆	F ₆		F ₆		
SiO ₂ (résidu)	5.57	7.01	8.60	29.75	1.45	2.95	3.90	9.74	44.26	6.65	5.05
Al ₂ O ₃	0.13	tr.	0.50	0.50	tr.	0.00	1.67	0.80	tr.	tr.	0.00
Fe ₂ O ₃	2.40	2.70	3.10	3.14	1.25	2.20	2.11	4.05	1.75	1.80	2.16
FeO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.16	-
MnO	0.70	0.40	-	-	-	-	-	-	-	0.70	-
MgO	0.89	0.72	0.66	1.12	0.51	0.57	3.56	0.99	0.40	17.95	19.80
CaO	50.16	49.16	47.53	35.60	54.05	51.66	46.51	46.13	29.33	27.30	28.70
P ₂ O ₅	0.05	0.05	0.10	0.20	0.05	-	0.05	0.05	0.20	0.10	tr.
SO ₃	-	-	-	-	-	-	0.41	-	-	-	-
Perte au feu	40.00	39.42	38.49	29.42	42.41	41.50	40.40	37.19	23.95	41.37	44.08
H ₂ O ⁻	0.22	0.27	0.40	0.25	0.06	0.30	0.10	0.22	0.20	0.40	0.29
Totaux.....	100.12	99.73	99.38	99.98	99.78	99.18	98.71	99.17	100.09	99.43	100.08

BIBLIOGRAPHIE

- ALIA MEDINA M. (1945). — Notas de una tercera expedición geológica al Sáhara español. *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XLIII, pp. 499-513.
- ALIA MEDINA M. (1949a). — Contribucion al conocimiento geomorfologico de las zonas centrales del Sáhara español. Madrid, Inst. de Est. africanos, 234 p., 32 fig., 30 pl.
- ALIA MEDINA M. (1949b). — In El Sáhara español. 2° Part.: Estudio geológico, pp. 201-414. Madrid, Inst. de Est. africanos.
- ALIA MEDINA M. (1952). — Bosquejo geológico del Sáhara español. Madrid, Inst. de Est. africanos, Serv. geol. Afr. occ. esp., 1 carte en couleurs au 2 000 000°.
- ALIA MEDINA M. (1958). — Esquema geológico del Sáhara español. Madrid, Inst. Estud. africanos, 1 carte en couleurs au 2 000 000°.
- ANONYME (1956). — Carte géologique du Nord-Ouest de l'Afrique au 1/2 000 000. Feuille 3 — Sahara occidental (sous la dir. P. GEVIN).
- ANONYME (1957). — Notice explicative de la feuille n° 7 — Mauritanie. Carte géologique de l'A.O.F. à l'échelle du 2 000 000°. Dir. Féd. Mines Géol., Dakar. 42 p., 1 carte.
- ASSELBERGHS E. (1930). — Description des faunes marines du Gedinnien de l'Ardenne. *Mém. Mus. Roy. Hist. Nat. Belgique*, n° 41.
- ASSELBERGHS E. (1946). — L'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, 14, 598 p., Karten, Louvain.
- AVIAS J. (1949). — Note préliminaire sur quelques phénomènes actuels ou subactuels de pétrogénèse ou autres dans les marais côtiers de Moindou et Canala (Nouvelle Calédonie). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 277-280.
- AVIAS J. (1952). — Sur la formation actuelle de gypse dans certains marais côtiers de la Nouvelle Calédonie. *XIX° Congr. géol. intern. Alger*, sect. IV, fasc. IV, pp. 7-9.
- AVIAS J. (1958). — Note préliminaire sur l'existence de vases bariolées gypsifères actuelles dans les marais côtiers de la Nouvelle Calédonie. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 396-397.
- BARRANDE J. (1879). — Système silurien du centre de la Bohême. Première partie, vol. V, Brachiopodes, 226 p., 153 pl.
- BARROIS Ch. (1882). — Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice. *Mém. Soc. Géol. Nord*, t. II, 630 p., 20 pl.
- BARROIS Ch. (1886). — Aperçu de la constitution géologique de la rade de Brest. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (3), XIV, pp. 678-707, 12 fig., 3 pl.
- BARROIS Ch. (1889). — Faune du calcaire d'Erbray (Loire inférieure). *Mém. Soc. Géol. Nord*, t. III, 348 p., 17 pl.
- BARROIS Ch. (1892). — Mémoire sur la distribution des Graptolites en France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 20, pp. 75-191.
- BARROIS Ch. (1898). — Des relations des mers dévoniennes de Bretagne avec celles des Ardennes. *Ann. Soc. Géol. Nord*, XXVII, pp. 231-259.
- BARROIS Ch. (1902). — Note sur les Graptolites de la Catalogne et leurs relations avec les étages graptolitiques de France. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), I, pp. 637-646.

- BARROIS Ch., PRUVOST P. et DUBOIS G. (1920). — Description de la faune siluro-dévonienne de Liévin. *Mém. Soc. Géol. Nord*, t. 6, mém. 2, fasc. 2, pp. 1-225, tabl. 10-17.
- BARTH T.F.W., CORRENS C.W. et ESKOLA P. (1939). — Die Entstehung der Gesteine. J. Springer, Berlin, 1 vol., 422 p., 210 fig.
- BASSOT J.-P. et DELPY J. (1960). — Observations sur le Paléozoïque plissé et métamorphique du Nord du Sénégal oriental. *C.R. Ac. Sc.*, t. 250, pp. 4405-4406.
- BAUD L. (1933). — Le conglomérat argilo-calcaireux dans la région de Kayes et de Bafoulabé (Soudan occidental) et sa position stratigraphique. *C.R. Ac. Sc.*, t. 197, pp. 172-173.
- BAYLE P. (1878). — Explication de la carte géologique de la France, t. IV, Atlas, Fossiles principaux des terrains.
- BENSE C. (1959a). — La série stratigraphique de la région de Kiffa (Mauritanie orientale). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), I, pp. 128-131, 2 fig., 1 tabl.
- BENSE C. (1959b). — Sur l'identité des formations sédimentaires de la région de Kiffa et du Falémien de Selibabi (Mauritanie). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), I, pp. 183-186, 2 fig.
- BENSE C. et DELPY J. (1958). — A propos de la position stratigraphique du Falémien de Mauritanie : nouvelles observations sur la coupe de Touijigigt. *C.R. Ac. Sc.*, t. 247, pp. 2388-2391.
- BERNARD A. (1958). — Contribution à l'étude de la province métallifère sous-cévenole. Thèse, Nancy, 678 p. ronéo., 23 tabl., 161 fig., 48 pl. hors-texte.
- BIGOTTE G. (1959 [1956]). — Etude sédimentologique et métallogénique de la région minière. *Bull. Dir. Mines Géol. A.E.F.*, n° 9, 188 p., 45 fig., 21 pl., 3 coupes, 1 carte.
- BLANGY B. (1956). — Compte-rendu d'une mission dans l'Acadien de l'Anti-Atlas. Zone de Touroug Igli; bordure nord du Djebel Ougnat. *Rapp. Comm. Energ. Atom.*, 17 février.
- BONDON J., CLARIOND L., NELTNER L. (1934). — Une nouvelle coupe du Djebel Sarro (Maroc saharien). *C.R. Ac. Sc.*, t. 198, pp. 590-591.
- BONTE A. (1941). — Contribution à l'étude du Jurassique de la bordure septentrionale du Bassin de Paris. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, vol. 42, bull. n° 205, 439 p., 67 fig., 12 pl. hors-texte.
- BONTE A. (1955). — Sur quelques modifications subies par les gîtes salifères. *Geol. Rundschau*, vol. 43, n° 2, pp. 518-526, 1 fig.
- BOROCCHO J. et LEFÈVRE J. R. (1955). — Mission de préreconnaissance B.R.P. — La région du flanc sud du synclinal de Tindouf. Alger, Rapp. inéd. S.N. REPAL, 22 p., 26 pl.
- BOROCCHO J. et NYSSSEN R. (1955). — Mission de pré-reconnaissance B.R.P. — La région du Zemmour. Alger, Rapp. inéd. S.N. REPAL, 17 p., 13 pl.
- BOROCCHO J. et NYSSSEN R. (1959). — Nouvelles observations sur les « grès inférieurs » cambro-ordoviciens du Tassili interne (Nord-Hoggar). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), (I), pp. 197-206, 4 fig.
- BORRICAND P. (1948). — La nomadisation en Mauritanie. *Trav. Inst. Rech. Sahar., Univ. Alger*, t. V, pp. 81-93.
- BOUČEK B. (1938). — Über « skolithen » — artige Grabspuren aus den Drabover Quarziten des böhmischen Ordoviziums. *Palaeontolog. Zeitschrift*, vol. 19, pp. 244-253, pl. 17-19.
- BOURCART J. (1941). — Essai d'une classification raisonnée des matériaux meubles. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), XI, pp. 117-153.
- BOURCART J. et RICOUR J. (1952). — Une hypothèse sur les conditions de sédimentation des niveaux salifères du Trias. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 37-39.
- BOURCART J. et RICOUR J. (1954 [1952]). — Essai sur les conditions de sédimentation des niveaux salifères du Trias. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger*, sect. XIII, fasc. XIII, pp. 35-47.
- B. R. P. (1956). — (Voir SALLÉ C. et autres, 1956).
- B.R.P., C.E.P., C.F.P.A., C.P.A., C.R.E.P.S., I.F.P., S.E.R.E.P.T., S.N. REPAL (1959). — Contribution à l'étude du Cambrien et de l'Ordovicien du Sahara. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 194-195.
- BURST J. F. (1958). — « Glauconite » pellets: their mineral nature and applications to stratigraphic interpretations. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geologists*, vol. 42, n° 2, pp. 310-327, 11 fig.
- CAILLÈRE S., HÉNIN St. et ESQUEVIN J. (1951). — Extraction et étude de quelques phyllites des minerais de fer sédimentaires. *C.R. Ac. Sc.*, t. 233, pp. 1633-1634.
- CAILLÈRE S. et HÉNIN St. (1953). — Extraction et étude minéralogique des phyllites des minerais de fer. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger*, 1952, C.I.P.E.A., fasc. XVIII, pp. 57-64.
- CAILLEUX A. (1936). — Galets et grains mous. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), VI, pp. 321-330.
- CAPOT-REY R. (1952). — Les limites du Sahara français. *Univ. Alger, Trav. Inst. Rech. Sahar.*, t. VIII, n° spécial XIX^e Congr. géol. intern., pp. 23-48, 2 fig.
- CAPOT-REY R. (1953). — Le Sahara français. Paris, Presses Universitaires de France, Collec. Pays d'Outre-mer, 564 p., 22 fig., 8 cartes, 12 pl.
- CAROZZI A. (1953). — Pétrographie des roches sédimentaires. Lausanne, F. Rouge et Cie, 250 p.
- CAUNEILLE C^{de} (1946). — Etudes sur les Regueibat. *Rapp. inéd.*, Arch. subdivision Bir Mogrein (Mauritanie).

- CAUNEILLE C^{ne} (1950). — Les nomades Regueibat. *Univ. Alger, Trav. Inst. Rech. Sahar.*, t. VI, pp. 83-100, 1 fig.
- CAVET P. (1957). — Le Paléozoïque de la zone axiale des Pyrénées orientales françaises entre le Roussillon et l'Andorre (étude stratigraphique et paléontologique). Thèse, Toulouse. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, t. LV, n° 254.
- CAYEUX L. (1906a). — Structure et origine des grès du Tertiaire parisien. *Et. Gîtes Minér. France*. Paris, 160 p., 23 fig., 10 pl.
- CAYEUX L. (1906b). — Genèse d'un minerai de fer par décomposition de la glauconie. *C.R. Ac. Sc.*, t. 142, pp. 895-897.
- CAYEUX L. (1909). — Les minerais de fer oolithique de France. I : Minerais de fer primaires. *Et. Gîtes Minér. France*. Paris, 344 p., 37 fig., 19 pl.
- CAYEUX L. (1916). — Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires. *Mém. Carte Géol. détail. France*, Impr. Nat., Paris, 524 p., 80 fig., 56 pl.
- CAYEUX L. (1922). — Les minerais de fer oolithique de France. II : Minerais de fer secondaires. *Et. Gîtes Minér. France*, Paris, 1051 p., 63 fig., 35 pl.
- CAYEUX L. (1935a). — Les roches sédimentaires de France. Roches carbonatées (calcaires et dolomies). Paris, Masson édit., 463 p., 26 pl.
- CAYEUX L. (1935b). — Les phosphates de chaux sédimentaires. Les ressources minérales de la France d'Outre-Mer. IV. Le phosphate. *Publ. Bur. étud. géol. et min. colon.*, Paris, 14 p.
- CAYEUX L. (1939-1950). — Les phosphates de chaux sédimentaires de France (France métropolitaine et d'Outre-Mer). *Et. Gîtes Minér. France, Serv. Carte Géol. Fr.*, tome I (1939), pp. 1-349, pl. I à XV; tome II (1941), pp. 350-659, pl. XVI à XXXIII; tome III (1950), pp. 660-1019, pl. XXXIV à LIV.
- CAYEUX L. (1941). — Causes anciennes et causes actuelles en géologie. Masson édit., Paris, 79 p.
- CHANUT C. et NYSSSEN R. (1958). — Sur une « discordance de ravinement » dans les grès inférieurs de la région d'Amguid et de Takoumbaret (Mouydir). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 102-105, 1 fig.
- CHARLES G. (1953 [1952]). — Sur l'origine des gisements de phosphates de chaux sédimentaires. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger*, sect. XI, fasc. 11, pp. 163-184, 4 fig.
- CHAVE K. E. (1954). — Aspects of the biochemistry of magnesium. *Journ. Geol.*, vol. 62, Pt. I : Calcareous marine organisms, pp. 266-283; Pt. II : Calcareous sediments and rocks, pp. 587-599.
- CHILINGAR G. V. (1955). — Review of Soviet literature on petroleum source-rocks. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 39, pp. 764-767.
- CHILINGAR G. V. (1956). — Use of Ca/Mg ratio of limestones and dolomites as a geological tool. *Ph. D. Dissertation*, Univ. Southern California, 140 p.
- CHILINGAR G. V. (1957). — Classification of limestones and dolomites on basis of Ca/Mg ratio. *Journ. Sedim. Petrology*, vol. 27, n° 2, juin, pp. 187-189.
- CHOUBERT G. (1946). — Aperçu de la géologie marocaine. *Rev. Géogr. maroc.*, n° 2-3, pp. 59-77.
- CHOUBERT G. (1951 [1948]). — Note sur la géologie de l'Anti-Atlas. *XVIIIth Intern. geol. congress London*, XIV, pp. 29-44, 2 cartes.
- CHOUBERT G. (1952a). — Histoire géologique du domaine de l'Anti-Atlas, in *Géologie du Maroc*, fasc. I, 2^e partie, *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 100, pp. 75-196, 16 cartes.
- CHOUBERT G. (1952b). — La chaîne calédonienne au Maroc. *C.R. Ac. Sc.*, t. 234, pp. 2382-2384.
- CHOUBERT G. (1955 [1954]). — Vue d'ensemble sur l'Infracambrien et le Précambrien de l'Anti-Atlas (Maroc). *C.R. Comm. Ass. Serv. Géol. afric. Réunion de Nairobi* (7-11 sept. 1954), pp. 105-116, 1 fig.
- CHOUBERT G. (1956). — Coup d'œil sur la fin du Précambrien et le début du Cambrien dans le Sud-marocain. *XX Congr. geol. intern. Mexico*.
- CHOUBERT G. (1958 [1957]). — L'Adoudounien et le Précambrien III dans l'Anti-Atlas. *76^e Coll. intern. Centr. Nat. Rech. Sci. Les relations entre Précambrien et Cambrien*, pp. 143-162, 2 fig., 2 tabl.
- CHOUBERT G. et MARÇAIS J. (1949). — La géologie marocaine. *Encycl. colon. maritime*. Paris, 12 p., 1 carte.
- CHOUBERT G., DU DRESNAY R. et HINDERMEYER J. (1950). — Sur les calcaires à *Collenia* de la région Salsaf - Aïn Chair. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 76, pp. 93-103.
- CHOUBERT G., HINDERMEYER J. et HOLLARD H. (1952). — Note préliminaire sur les *Collenia* de l'Anti-Atlas. *Notes Serv. Géol. Maroc*, t. VI, pp. 85-102, 5 fig., 12 pl.
- CHOUBERT G. et HOLLARD H. (1952). — Anti-Atlas occidental. Livret-guide de l'excursion A 36. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger*, Série Maroc, n° 10, 69 p., 6 fig., 7 pl.
- CHOUBERT G. et JACQUEMONT P. (1952). — Nouvelles mesures des épaisseurs des séries paléozoïques de l'Anti-Atlas. *Notes Serv. Géol. Maroc*, t. VI, pp. 19-25, 1 fig.
- CHOUBERT G., HINDERMEYER J. et HUPÉ P. (1955). — Découverte du Trémadoc dans l'Anti-Atlas (Maroc). *C.R. Ac. Sc.*, t. 241, pp. 1592-1594.
- CHOUBERT G. et MARÇAIS J. (1956). — Les grands traits de la géologie du Maroc, in *Lexique stratigraphique du Maroc, Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 134, pp. 1-38.
- CHUDEAU R. (1908). — Le golfe de Mauritanie. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), VIII, pp. 560-561.

- CHUDEAU R. (1909). — Structure géologique de la Mauritanie. *Actes Soc. linn. Bordeaux*, t. 63, pp. 51-71, 4 fig.
- CHUDEAU R. (1910). — Note sur la Mauritanie. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), X, pp. 667-668.
- CHUDEAU R. (1911). — Note sur la géologie de la Mauritanie. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), XI, pp. 413-428.
- CHUDEAU R. (1915). — Excursion géologique au Nord et à l'Est de Tombouctou. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), pp. 95-112.
- CHUDEAU R. (1918). — Recherches sur la tectonique de l'Afrique occidentale. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), XVIII, pp. 59-87.
- CLARIOND L. (1933). — Les terrains primaires et la hamada de Taouz (confins algéro-marocains du Sud). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 47-48.
- CLARIOND L. (1934a). — La série paléozoïque des territoires du Tafilalet (Maroc). *C.R. Ac. Sc.*, t. 198, pp. 2270-2272.
- CLARIOND L. (1934b). — Sur le Dévonien du Tafilalet et du Maïder. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 189-190.
- CLOUD P. E. (1955). — Physical limits of glauconite formation. *Bull. Amer. Ass. Petroleum Geol.*, vol. 39, pp. 484-492, 1 tabl., biblio.
- COMTE P. (1938). — Brachiopodes dévoniens des gisements de Ferroñes (Asturies) et de Sabero (Léon). *Ann. Paléont.*, Paris, t. XXVII, f. I-II-III, pp. 41-88, pl. V-VIII.
- COTTREAU J. (1940). — Coralliaires, Brachiopodes et Crinoïdes mésodévonien du Sahara mauritanien et occidental. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), X, pp. 187-200, pl. VII.
- CUVILLIER J. (1945). — La micropaléontologie, ses méthodes, ses buts, ses résultats. *Ass. Fr. Av. Sci., Congr. Paris*, 64^e session, pp. 30-31.
- CUVILLIER J. (1952). — La notion de « microfaciès » et ses applications. « Atti » del VII convegno nazionale del Metano e del petrolio. Taormina, 21-24 aprile 1952.
- DANA E.S. (1950). — A textbook of Mineralogy. 4th edition, revised and enlarged by W. E. Ford. J. Wiley and Sons edit., New-York.
- DANGEARD L. (1953 [1952]). — Oolithes marines actuelles. Comparaison avec les oolithes marines anciennes. XIX^e Congr. géol. intern. Alger, sect. IV, fasc. IV, pp. 79-80.
- DARS R. (1957). — Découverte d'une discordance dans le « Cambro-Ordovicien » du Soudan occidental (A.O.F.). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), VII, pp. 519-528, 4 fig., 1 tabl.
- DARS R. (1960 [1961]). — Les formations sédimentaires et les dolérites du Soudan occidental (Afrique de l'Ouest). Thèse, Paris et *Mém. Bur. Rech. géol. min.*, n° 12, 387 p., 85 fig., 5 tabl. an. chim., 27 pl. hors-texte, 2 cartes.
- DARS R., SOUGY J. et TESSIER F. (1957). — Nouvelle stratigraphie des séries paléozoïques de la région de Kayes (Soudan français). *C.R. Ac. Sc.*, t. 244, pp. 2312-2314.
- DARS R. et SOUGY J. (1958 [1957]). — La stratigraphie du « Cambro-Ordovicien » de l'Ouest africain et ses relations avec le Précambrien. Remarques pouvant contribuer à l'élaboration d'une synthèse stratigraphique des terrains cambro-ordoviciens de l'Ouest africain. 76^e Coll. intern. Centre Nat. Rech. Sci. Les relations entre Précambrien et Cambrien, pp. 223-237, 4 fig., 2 tabl.
- DARS R., SOUGY J. et VOGT J. (1959). — Observations nouvelles sur le « Cambro-Ordovicien » du Plateau mandingue occidental (A.O.F.). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), I, pp. 137-142, 3 fig.
- DAVIDSON Th. (1864-1871). — British fossil Brachiopoda. VI (1864-1865) Devonian; VII (1866-1871) Silurian. *Pal. Soc.*
- DE CHÉTELAT E. (1938). — Sur l'extension du Gothlandien en Guinée Française. *C.R. Ac. Sc.*, t. 207, p. 371.
- DEFOSSEZ M. (1958). — Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la boucle du Niger, Thèse, Strasbourg.
- DEFOSSEZ M., PALAUSI G. et RADIER H. (1957). — Données nouvelles sur les séries anciennes de la boucle du Niger (Soudan français). *Bull. Dir. Féd. Mines Géol. A.O.F.*, n° 20, pp. 149-191, 6 tabl., 5 pl., 1 carte.
- DE LAPPARENT A. (1883). — Traité de Géologie. Paris, F. Savy édit., 1280 p., 610 fig.
- DE LA VIÑA J. et MUÑOZ CABEZÓN C. (1958). — Mapa geológico del Sáhara español y zonas limítrofes. Escala 1/1 500 000. Madrid, Inst. geol. y min. España, 1 carte en couleurs.
- DELCLAUD C., ORTYNSKI I. et PERRODON A. (1957). — Les découvertes de Hassi Messaoud et de Hassi R'mel dans le Sahara septentrional. Note ronéotypée, Alger.
- DELECOURT J. (1946). — Géochimie des océans, des bassins clos et des gîtes salifères - Mers et lacs contemporains. *Mém. Soc. Belge Géol., Paléont., Hydrol.*, n° 1, 177 p., 39 tabl., 3 fig.
- DELÉPINE G. (1950). — Les communications entre la Mésogée et les mers couvrant le Centre et l'Ouest de l'Amérique du Nord au Paléozoïque. *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie*, t. III, p. 53-55.
- DELÉPINE G. (1951). — Londres, *Proc. Geologists Assoc.*, vol. 62, p. 163.
- DELPY J. (1958). — Esquisse structurale du bassin hercynien du Tagant (Mauritanie). *C.R. Ac. Sc.*, t. 247, pp. 1756-1758.

- DELPY J. (1959a). — Observations sur le « Primaire » du Tagant (Mauritanie). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), I, pp. 123-127, 3 fig.
- DELPY J. (1959b). — Distinction de deux séries dans le Paléozoïque du Tagant occidental (Mauritanie). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), I, pp. 224-225.
- DELPY J. (1959c). — Un relief de la surface pré-gothlandienne : le Gleïb Twarachit (Mauritanie). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 141-142, 1 fig.
- DELPY J. (1959d). — Attribution au « Primaire » de formations métamorphiques estimées précambriennes en Mauritanie centrale. *C.R. Ac. Sc.*, t. 249, pp. 1374-1376, 1 fig.
- DELPY J. (1959e). — La limite Cambrien-Ordovicien au Tagant (Mauritanie). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 130-131, 1 tabl.
- DESTOMBES J. P. (1953). — Stratigraphie des terrains primaires de la Haute-Garonne. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger*, section II, fasc. II, pp. 107-129, 2 fig.
- DESTOMBES J. (1955). — Sur la présence de minerai de fer oolithique dans le Dévonien inférieur de la bordure nord du synclinal de Tindouf. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 237-238.
- DESTOMBES J. (1960). — Sur l'extension du Trémadoc dans le Sud marocain. *C.R. Soc. Sci. Nat. Phys. Maroc*, n° 3, pp. 45-47.
- DESTOMBES J., HOLLARD H. et WILLEFERT S. (1959). — Sur la présence du Llandovery à faciès schisto-gréseux dans le Tafilalet (Maroc présaharien). *C.R. Ac. Sc.*, t. 249, pp. 1119-1121.
- DESTOMBES J. et LUCAS J. (1956). — Une occurrence de natro-alunite dans le Gothlandien de Tazzarine (Jebel Sarhro-Sud). *Notes Serv. Géol. Maroc*, t. 14, pp. 117-123, 3 fig.
- DESTOMBES J. et WILLEFERT S. (1959). — Sur la présence de *Dictyonema* dans le Trémadoc de l'Anti-Atlas (Maroc). *C.R. Ac. Sc.*, t. 249, pp. 1246-1247.
- DÉVERIN L. (1945). — Etude pétrographique des minerais de fer oolithiques du Dogger des Alpes suisses. *Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. ser.*, lief. XIII, bd. 2, 115 p., 5 fig., 20 pl.
- DIADTCHENKO M. G. et HATUNTCEVA A. I. (1955). — Au sujet de la genèse de la glauconie. *Dokl. Akad. Nauk. S.S.S.R.*, t. 101, n° 1, pp. 151-153, 1 tabl. Trad. n° 1636 Serv. Inform. Géol. B.R.G.G.M., Paris, mars 1958.
- DOURTHE P. (1959). — Sur une discordance dans les grès inférieurs d'Ouallène (NW Hoggar). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 214-215, 1 fig.
- DROT J. (1961). — Remarques préliminaires sur la faune de Brachiopodes du Zemmour (Mauritanie). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), III, pp. 257-265, 2 pl. hors-texte.
- DUBIEF J. (1953). — Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. *Alger Birmandreis. Dir. Serv. Colon. Hydraul. Serv. Et. Sci.*, 457 p., 35 tabl., 41 fig., 3 cartes.
- DU DRESNAY R. (1953). — Sur les caractères d'un conglomérat situé à 4 km au N-O du Monument du Général Leclerc. *C.R. Ac. Sc.*, t. 236, pp. 1432-1434.
- DU DRESNAY R. (1957a). — La série cambrienne et infracambrienne dans le Haut-Atlas marocain oriental. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 364-365.
- DU DRESNAY R. (1957b). — « L'Adoudounien » est-il représenté dans le Haut-Atlas marocain oriental. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 384-386 (plus err. p. 411).
- DU DRESNAY R. et HUPÉ P. (1953). — La série cambrienne du Jebel Tibalicine (Confins algéro-marocains du Sud). *C.R. Ac. Sc.*, t. 236, pp. 1061-1063.
- DURAND DELGA M. (1955). — Etude géologique de l'Ouest de la chaîne numidique. Thèse. *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 2^e série, n° 24, 533 p., 143 fig., 16 pl., 10 pl. hors-texte.
- ELIAS M. K. (1956). — A revision of *Fenestella subantiqua* and related Silurian Fenestellids. *J. Paleontol.*, vol. 30, n° 2, pp. 314-332, 1 pl. h.-t.
- ELOUARD P. (1962 [1959]). — Etude géologique et hydrogéologique des formations sédimentaires du Guebla mauritanien et de la vallée du Sénégal. Thèse, Paris, et *Mém. Bur. Rech. géol. min.*, n° 7, 252 p., 31 fig., 28 pl., 8 pl. h.-t. phot.
- ERHART H. (1956). — La vie végétale continentale aux époques prédevoniennes vue sous l'angle de la théorie bio-rhexistasique et des dernières découvertes palynologiques. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), VI, pp. 445-450.
- FAIRBRIDGE R. W. (1954). — Stratigraphic correlation by microfacies. *Amer. Journ. Sci.*, vol. 252, pp. 683-694.
- FAIRBRIDGE R. W. (1957). — The dolomite question. *Soc. Econ. Pal. Min.*, spec. publ. 5, Regional aspects of carbonate deposition, pp. 125-178, 14 fig., biblio.
- FENTON C. L. et FENTON M. A. (1931). — Algae and algal beds in the belt series of Glacier National Park. *Journ. Geol.*, 39, p. 685.
- FENTON C. L. et FENTON M. A. (1937). — Belt series of the North : stratigraphy, sedimentation, paleontology. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 48, p. 1873.

- FINATON Ch. (1934). — Les dépôts lagunaires et le gypse du Bassin Parisien. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, t. VII, pp. 357-378, 3 fig., biblio.
- FINATON Ch. (1935). — La formation des gisements salifères. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, t. VIII, pp. 285-303, 10 fig.
- FISHER D. W. (1956). — The Cambrian system of New York state. *XX Congr. geol. intern. Mexico, Symposium sobre el Cambrico*, part. II, pp. 321-351, 1 fig.
- FOLLOT J. (1952). — Ahnet et Mouydir. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région.*, 1^{re} série : Algérie, n° 1, 80 p., 38 fig.
- FOUQUÉ F. et MICHEL-LÉVY A. (1879). — Minéralogie micrographique des roches éruptives françaises. Paris, A. Quantin impr.
- FREULON J.-M. (1959). — Etude géologique des séries primaires du Tassili n'Ajjer et du Fezzan (Sahara central). Thèse, Paris.
- FREULON J.-M., LEFRANC J.-P. et LEHMAN J.-P. (1953). — Sur la présence de Ptyctodontes dans le Dévonien supérieur d'Aouinet Ouenine (Fezzan). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), III, pp. 457-458, 1 pl.
- FRIČ A. (1908). — Système silurien du centre de la Bohême par Joachim Barrande - *Problematica silurica*. Prague, 12 pl.
- FURON R. (1934). — Découverte du Gothlandien fossilifère en Mauritanie par M. Th. MONOD. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, p. 202.
- FURON R. (1950). — Géologie de l'Afrique. Paris, Payot édit., 350 p., 34 fig. et cartes.
- FURON R. (1958 [1957]). — Réflexions sur les relations entre le Précambrien et le Primaire de l'Afrique nord-occidentale. *76^e Coll. intern. Centre Nat. Rech. Sci. Les Relations entre Précambrien et Cambrien*, pp. 249-255.
- FURON R. (1958). — Géologie du Sahara. Paris, Payot édit., 300 p., 22 fig.
- GALLIHER E. W. (1935a). — Glauconite genesis. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 46, n° 9, pp. 1351-1365.
- GALLIHER E. W. (1935b). — Geology of glauconite. *Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geol.*, vol. 19, pp. 1569-1601.
- GEVIN P. (1948). — Série paléozoïque d'Aouinet Legra (Sahara occidental). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), XVIII, pp. 369-381, 4 fig.
- GEVIN P. (1957). — Sur l'attribution possible d'un âge infracambrien aux formations à Stromatolithes au S et à l'E de l'Eglab. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 327-330, 1 tabl.
- GEVIN P. (1958 [1957]). — Le complexe sédimentaire de base à l'extrémité orientale de la dorsale reguibat. *76^e Coll. intern. Centre Nat. Rech. Sci. Les Relations entre Précambrien et Cambrien*, pp. 207-215, 1 carte, 1 tabl.
- GEVIN P. (1960 [1958]). — Etudes et reconnaissances géologiques sur l'axe cristallin Yetti - Eglab et ses bordures sédimentaires. Première partie : Bordures sédimentaires. *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, nouv. sér., n° 23, 327 p., 70 fig., 20 pl., 1 carte.
- GIGNOUX M. (1943). — Géologie stratigraphique. Paris, Masson édit., 3^e éd., 667 p., 145 fig.
- GIGOUT M. (1937a). — La série paléozoïque de l'Adrar n'Dgout (Atlas de Marrakech). *C.R. Ac. Sc.*, t. 204, pp. 787-788.
- GIGOUT M. (1937b). — Sur trois affleurements de terrains anciens situés entre le Rdat et la Tessaout (Haut-Atlas marocain). Vigot. Paris.
- GIGOUT M. (1951). — Etudes géologiques sur la Méséta marocaine occidentale (arrière-pays de Casablanca, Mazagan et Safi). *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 86, 507 p., 65 fig., 27 pl., 1 tableau.
- GIGOUT M. (1953). — Résumé de nos connaissances sur le primaire de la Méséta marocaine occidentale. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger*, sect. II, fasc. II, pp. 29-40, 2 fig.
- GOLDMAN M. I. (1921). — Association of glauconite with unconformities. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 32, p. 25.
- GOLDMAN M. I. (1922). — Basal glauconite and phosphate beds. *Science*, n.s., vol. 56, pp. 171-173.
- GOSSELET J. (1888). — L'Ardenne. *Mém. Carte géol. détail. France*. 1 vol. in-8°, 881 p., 243 fig., 37 pl., 1 carte.
- GRABAU A. W. et O'CONNEL M. (1917). — Were the Graptolite shales, as a rule, deep or shallow water deposits? *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 28, pp. 959-964.
- GRIM R. E. (1953). — Clay mineralogy. New York, McGraw-Hill. 384 p., 121 fig., 53 tabl.
- GUBB A. S. (1913). — La flore saharienne. Un aperçu photographique. Alger, Jourdan édit.
- GÜRICH G. (1896). — Le Paléozoïque dans les montagnes moyennes polonaises. *Rev. Soc. imp. St. Pétersbourg*, sér. 2, n° 32, pp. 16-17 et pp. 433-437.
- HARVEY C. O. (1943). — Some notes on the calculation of molecular formulae for glauconite. *Amer. Mineralogist*, n° 28, pp. 541-543.
- HAUG E. (1930). — Traité de Géologie. Paris, Armand Colin. II. Les périodes géologiques, pp. 539-928.
- HAYES C. W. (1896). — The Tennessee phosphates. *U.S. Geol. Survey*, 17th Ann. Rept., part. II, pp. 519-550.
- HAYES C. W. et ULRICH E. O. (1903). — Description of the Columbia quadrangle [Tennessee]. *U.S. Geol. Surv.*, Atlas Columbia fol., n° 95, 6 p., cartes.

- HEDE J. E. (1960). — The Silurian of Gotland. XXIst Intern. geol. Congr. Copenhagen. Guide to excursions A22 and C17, pp. 44-89, 2 fig.
- HENDRICKS S. B. et ROSS C. S. (1941). — Chemical composition and genesis of glauconite and celadonite. *Amer. Mineralogist*, vol. 26, n° 12, pp. 683-708.
- HÖGBOM A. G. (1915). — Zur Deutung der *Scolithus*-Sandsteine und « Pipe-rocks ». *Bull. geol. Inst. Upsala*, vol. 13, n° 3.
- HOLLARD H. (1955). — Compléments à l'étude du bord nord du bassin de Tindouf. Rapport inéd. B.R.P., Paris. 107 p., 28 pl.
- HOLLARD H. (1958 [1960]). — Vorläufiger Bericht über die Silur - Devon - Stratigraphie des vorsaharischen Marokko. In Prager Arbeitstagung über die Stratigraphie des Silurs und des Devons (1958). Praha, Naklad. Č.S.A.V., pp. 437-453, 1 fig., 1 portrait.
- HOLLARD H. et JACQUEMONT P. (1956). — Sur l'âge de la transgression gothlandienne au S de l'Anti-Atlas. *C.R. Ac. Sc.*, t. 243, pp. 75-77.
- HOLLARD H. et JACQUEMONT P. (1958 [1956]). — Le Gothlandien, le Dévonien et le Carbonifère des régions du Dra et du Zemoul. *Notes Serv. Géol. Maroc*, t. 15, *Notes et Mém.*, n° 135, pp. 7-33, 1 carte en couleurs.
- HOLLARD H. et DROT J. (1958). — Présence du genre *Stringocephalus* dans le Maroc présaharien. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 313-314, 2 fig.
- HOWELL B. F. (1943). — Burrows of *Skolithos* and *Planolites* in the Cambrian Hardyston Sandstone at Reading, Pennsylvania. *Bull. Wagner Free Inst. Science*, vol. 3.
- HOWELL B. F. (1944). — A new *Skolithos* from the Cambrian Hardyston formation of Pennsylvania. *Bull. Wagner Free Inst. Science*, vol. 19, n° 4, pp. 41-46, 3 pl.
- HOWELL B. F. (1945). — *Skolithos*, *Diplocraterion* and *Sabellitides* in the Cambrian Antietam Sandstone of Maryland. *Bull. Wagner Free Inst. Science*, vol. 20, n° 4, pp. 33-40, 2 pl.
- HOWELL B. F. (1955). — *Skolithos minnesotensis* from the Lower Ordovician of Texas. *Bull. Wagner Free Inst. Science*, vol. 30, n° 1, pp. 1-8, 3 pl.
- HUPÉ P. (1952). — Contribution à l'étude du Cambrien inférieur et du Précambrien III de l'Anti-Atlas marocain. I. — Faunes de Trilobites et zones paléontologiques du Cambrien inférieur de l'Anti-Atlas. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 103, pp. 41-296, 67 fig., 11 pl.
- HUPÉ P. (1958 [1957]). — Essai de corrélation de quelques formations cambriennes et infracambriennes. 76^e Coll. intern. Centre Nat. Rech. Sci. Les relations entre Précambrien et Cambrien, pp. 163-168, 1 fig.
- HUPÉ P. (1959). — Nouvelle contribution à l'étude du Cambrien marocain. Thèse, Paris.
- JACQUEMONT P. (1955). — Etude du Paléozoïque du bord nord du bassin de Tindouf. Rapport inéd. B.R.P., Paris. 178 p., 21 pl., 26 logs.
- JACQUET F. (1936). — Carnets de route. N° 23 (9 février au 25 mars). N° 24 (26 mars au 10 mai). Arch. Mines, Dakar.
- JACQUET F. (1936). — Le flanc méridional du synclinal de Tindouf dans les confins de la Mauritanie septentrionale. *C.R. Ac. Sc.*, t. 203, p. 1171.
- JACQUET F. (1937). — Sur la structure du Sahara mauritanien. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), VII, pp. 3-8, 1 fig.
- JACQUET F. et MONOD Th. (1935). — Sur le Primaire fossilifère du Sud de l'Adrar mauritanien. *C.R. Ac. Sc.*, t. 201, pp. 908-909.
- JACQUET F. et NICKLÈS M. (1937). — Sur les relations de la chaîne du Sénégal oriental avec les plateaux mauritanien et soudanais. *C.R. Ac. Sc.*, t. 205, pp. 1163-1165.
- JAMES H. L. (1954). — Sedimentary facies of iron-formation. *Econ. Geol.*, vol. 49, n° 3, pp. 235-293, 33 fig., biblio.
- JAMES J. F. (1892). — Studies in problematic organisms. The genus *Scolithus*. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 3, pp. 32-44.
- JOLY H. et NINCK (1935). — Un cas très particulier de désordres causés par les modifications épigénétiques de roches liasiques (schistes à Posidonies du Toarcien de Lorraine). *Congr. intern. Mines, Métall., Géol. appl.*, 7^e session, Paris 20-26 octobre, t. II, pp. 529-532.
- JONES O. T. (1917). — The British Isles.
- JONES O. T. (1921). — The Valentian Series. *Quarterly Journ. Geol. Soc. London*, 77, pp. 144-174.
- JOULIA F. (1959). — Les séries primaires au N et NW de l'Air (Sahara central). Discordances observées. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), I, pp. 192-196, 2 fig.
- JUNG J. (1958). — Précis de pétrographie. Paris, Masson édit., 160 fig., 20 pl.
- KARPOFF R. (1947). — La bordure primaire de l'Adrar des Iforas (Sahara algérien et soudanais). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 187-189.
- KARPOFF R. (1957). — Esquisse géologique de l'Arabie séoudite. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), VII, pp. 653-697, 4 pl.

- KARPOFF R. (1960). — Le Cambro-Ordovicien de l'Adrar des Iforas (Sahara soudanais). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 16-17.
- KAYSER E. (1900). — Devon-Fossilien vom Bosphorus und von der Nordküste des Marmara-Meer. *Beitr. Pal. Geol. Österr.-Ung. Orient.*, XII, pp. 27-41, 1 pl.
- KAZAKOV A.V. (1937). — Le faciès phosphorite et la genèse des phosphorites. *XVII^e Congr. géol. intern. Léninegrad*.
- KAZAKOV A.V. (1950). — Equilibre du système fluorapatite dans les conditions de formation des roches sédimentaires. *Akad. Nauk. S.S.S.R. Trudy Inst. Geol. Nauk, Vyp.*, 114, Geol. ser., n° 40, pp. 1-21.
- KERFORNE F. (1915). — Etude géologique de la région silurienne de Chateaubriant (Loire-Inférieure). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), XV, pp. 191-211, 3 fig.
- KILIAN C. (1926). — Sur la mesure dans laquelle la période silurienne est représentée par ses formations de l'Enceinte tassilienne et sur la présence de l'Ordovicien au Sahara. *C.R. Ac. Sc.*, t. 182, pp. 146-148.
- KILIAN C. (1935). — De la coupe d'Amserha et des mouvements calédoniens au Sahara. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 219-220.
- KING R.H. (1947). — Sedimentation in Permian Castile sea. *Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geol.*, vol. 31, pp. 470-477.
- KOZŁOWSKI R. (1931). — Fosforyty Kambryjskie Sandomierza (Les phosphorites du Cambrien de Sandomierz). *Bull. Serv. Géol. Pologne*, vol. VI, livr. 4, pp. 752-755, 1 pl. (Traduct. S.I.G. n° 1783, Paris, 1959).
- KRICHTOFOWITCH A. (1953). — Découverte d'une Lycopodiale dans le Cambrien de la Sibérie orientale. *Dokl. Akad. Nauk. S.S.S.R.*, t. 91, n° 6, pp. 1377-1379, 1 pl. [Traduction C.E.D.P., Paris, n° 875].
- KRUMBEIN W. C. et GARRELS R. M. (1952). — Origin and classification of chemical sediments in terms of pH and oxidation-reduction potentials. *Journ. Geol.*, vol. 60, pp. 1-33.
- KRUMBEIN W. C. et SLOSS L. L. (1955). — Stratigraphy and sedimentation. San Francisco. 497 p., 122 fig., 43 tabl., biblio.
- LACROIX A. (1896). — Minéralogie de la France et de ses colonies. Tome II, Paris, Baudry et Cie édit.
- LACROIX A. (1933). — Contribution à la connaissance de la composition chimique et minéralogique des roches éruptives de l'Indochine. *Bull. Serv. Géol. Indochine*, XX, fasc. 3, 208 p., 6 pl.
- LAJOINTE J.-P. (1960). — Observations sur le Primaire de la région de Bobo-Dioulasso (Haute-Volta). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), II, pp. 208-212, 1 fig.
- LARDEUX H. (1959 [1961]). — Contribution à l'étude des *Tentaculitoidea* du Zemmour (Mauritanie septentrionale). *Ann. Fac. Sci. Dakar*, t. 6, pp. 35-46, 3 fig., 1 pl. hors-texte.
- LAUBARD J.-M. (1953). — Principaux types de structure des schistes cristallins. *Rev. Sci. Nat. Auvergne*, 19, n° 3-4, pp. 5-48, fig., biblio.
- LAVERDIÈRE J.-W. (1930). — Contribution à l'étude des terrains paléozoïques dans les Pyrénées occidentales. *Mém. Soc. Géol. Nord*, t. X, n° 2, 131 p., 13 fig., 8 pl.
- LEBESCONTE P. (1886). — Constitution générale du massif breton comparée à celle du Finistère. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (3), XIV, p. 793.
- LECOINTRE G. et LEMOINE P. (1924 [1925]). — Sur les Graptolithes gothlandiens de la Guinée française. *C.R. Congr. Assoc. fr. Avanc. Sc. Liège*, pp. 387-388.
- LECOINTRE G. et DELÉPINE G. (1933). — Etudes géologiques dans la région paléozoïque comprise entre Rabat et Tiflit. *Notes et Mém. Serv. Mines et Carte Géol. Maroc*, n° 28, 80 p., 2 coupes, 14 pl.
- LECOMTE M. (1957). — Les récifs dévoniens de la Belgique. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), VII, pp. 1045-1068.
- LEGRAND Ph., POUYTO A. et ROUAIX S. (1959). — De quelques faunes des Grès inférieurs sur la bordure septentrionale du Hoggar (Sahara). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), I, pp. 796-802, 2 fig., 1 pl.
- LE MAÎTRE D. (1934). — Etude sur la faune des calcaires dévoniens du bassin d'Ancenis. *Mém. Soc. Géol. Nord*, t. XII, 267 p., 18 pl.
- LE MAÎTRE D. (1938). — Sur quelques gisements fossilifères des calcaires dévoniens de Mechra ben Abbou. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 363-365.
- LE MAÎTRE D. (1944). — Contribution à l'étude du Dévonien du Tafilalet - I - La faune coblencienne de Haci Remlia (S-W de Taouz). *Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 61, 102 p., 8 pl.
- LE MAÎTRE D. (1947). — Contribution à l'étude du Dévonien du Tafilalet - II - Le récif coralligène de Ouihalane. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 67, 112 p., 24 pl.
- LE MAÎTRE D. (1950a). — Observations nouvelles sur les coraux du Dévonien de la Saoura (Sud-oranais). *C.R. Ac. Sc.*, t. 230, pp. 990-992.
- LE MAÎTRE D. (1950b). — Nouveaux éléments communs avec l'Amérique dans la faune dévonienne de l'Afrique du Nord. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 253-256.
- LE MAÎTRE D. (1952a). — La faune du Dévonien inférieur et moyen de la Saoura et des abords de l'Erg el Djemel (Sud-Oranais). *Serv. Carte Géol. Algérie*, 1^{re} série, n° 12, 171 p., 8 fig., 22 pl.

- LE MAÎTRE D. (1952b). — In : Les chaînes d'Ougarta et la Saoura. 1^{re} partie, ch. III Terrains dévonien : Dévonien inférieur et base du Dévonien moyen, pp. 49-62, 3 fig., 2 pl. XIX^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région., 1^{re} série : Algérie, n° 15.
- LE MAÎTRE D. (1952c). — Contribution à l'étude des faunes paléozoïques de l'Adrar mauritanien (Sahara occidental). Bull. Dir. Mines A.O.F., n° 15, t. II, pp. 295-383, 2 tabl., 6 pl.
- LE MAÎTRE D. (1954). — Présence d'une microstructure du type *Acanthiné* chez des Tabulés dévoniens du Sud-Oranais : *Holacanthopora* nov. gen. C.R. Ac. Sc., t. 238, pp. 1668-1670.
- LE MAÎTRE D. (1955). — Découverte du genre *Amphigenia* dans le synclinal de Tindouf (Sahara occidental). C.R. Ac. Sc., t. 240, pp. 1659-1661.
- LE MAÎTRE D. (1956). — Le genre *Staphylopora* n. g. Caractères et gisements de *Staphylopora chaetetiformis* LE MAÎTRE. C.R. Ac. Sc., t. 243, pp. 1654-1656.
- LE MAÎTRE D. (1957). — Polypiers Tabulés dévoniens à structure Acanthinée. C.R. Ac. Sc., t. 244, pp. 369-371.
- LE MAÎTRE D. (1959a). — Espèces nouvelles de *Pleurodictyum* et leur microstructure. C.R. Ac. Sc., t. 248, pp. 2376-2378.
- LE MAÎTRE D. (1959b). — Remarques sur trois genres de Tabulés : *Holacanthopora*, *Pleurodictyum* et *Roemeria*. C.R. somm. Soc. Géol. Fr., pp. 147-148.
- LE MAÎTRE D. et MONOD Th. (1950). — Nouvelles observations sur la série paléozoïque de l'Adrar mauritanien (Sahara occidental). C.R. Ac. Sc., t. 230, pp. 1723-1725.
- LENZ O. (1882). — Geologische Karte von West-Afrika nach seinen in den Jahren 1874-77 und 1879-81 unternommenen Reisen entworfen von Dr. Lenz. Maasstab 1/12 500 000. in Dr. A. Petermann's: Mittheilungen aus Justus Perthes' geographischer Anstalt. Herausgegeben von Dr. E. Behm, 28 Bd, Tafel I et p. 34.
- LENZ O. (1884). — Timbuktu - Reise durch Marokko, die Sahara und den Sudan. Leipzig, F. A. Brockhaus.
- LERICHE A. (1955). — Terminologie géographique maure. Etudes mauritaniennes, n° 6, Centre I.F.A.N. Mauritanie. Saint-Louis du Sénégal, 73 p.
- LESSARD L. (1959). — Note préliminaire sur la géologie des Tassilis Oua-N-Ahaggar (Sahara méridional). C.R. somm. Soc. Géol. Fr., pp. 151-152.
- LESSARD L. et BERTRAND J.-P. (1958). — Sur l'existence d'une discordance dans le Cambro-Ordovicien au Sahara central. C.R. somm. Soc. Géol. Fr., pp. 72-75, 2 fig.
- LEXIQUE STRATIGRAPHIQUE INTERNATIONAL (1957). — Vol. I : Europe; fasc. 4 a : France, Belgique, Pays-Bas, Luxembourg; fasc. 4 a I : Antécambrien, Paléozoïque inférieur (dir. G. WATERLOT). 432 p., 8 cartes.
- LEXIQUE STRATIGRAPHIQUE INTERNATIONAL (1958). — Vol. I : Europe; fasc. 5 : Allemagne; fasc. 5 b : Dévonien (dir. F. KUTSCHER et H. SCHMIDT). 386 p., 4 cartes, tableaux.
- LEXIQUE STRATIGRAPHIQUE INTERNATIONAL (1956). — Vol. III : Asie; fasc. 6 a : Indochine (par E. SAURIN). 140 p., 6 cartes.
- LEXIQUE STRATIGRAPHIQUE INTERNATIONAL (1956). — Vol. IV : Afrique; fasc. 2 : Sahara, Afrique Occidentale Française et Portugaise (dir. R. FURON). 77 p., 1 carte.
- LIGHT M. A. (1952). — Evidence of authigenetic and detrital glauconite. Science, vol. 115, p. 73-75.
- LOCHMAN-BALK Ch. (1956). — The Cambrian of the rocky mountains and SW deserts of the U.S.A. and adjoining Sonora Province, Mexico. XX Congr. géol. intern. Mexico, Symposium sobre el Cambrico, par. II, p. 533-535, p. 585 et p. 590.
- LOMBARD A. (1953). — Les rythmes sédimentaires et la sédimentation générale. Essai de synthèse. Coll. Assoc. Intern. Sédiment., Gr. fr., 14-15 fév. Rev. Inst. Franç. Pétrole, vol. VIII, n° sp., p. 9-45, 23 fig.
- LOMBARD A. (1956). — Géologie sédimentaire. Les séries marines. Paris-Liège. 722 p., 180 fig., 13 pl., biblio.
- LOTZE F. (1928). — Beitrag zur Kenntnis der Mutationen von *Calceola sandalina* (L.). Senckenbergiana, 10, 3-4, p. 158-169, 5 fig., 2 pl.
- LUCAS G. (1938). — Existence de phtanites gothlandiens à Radiolaires près d'Oujda (Maroc oriental). C.R. somm. Soc. Géol. Fr., p. 16-17.
- LUCAS G. (1942). — Description géologique et pétrographique des Monts de Ghar Rouban et du Sidi el Abed (frontière algéro-marocaine). Thèse. Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, 2^e série, n° 16, 537 p., 131 fig., 34 pl.
- LUCAS G. (1952). — Premiers résultats d'une étude sur les produits odorants des calcaires fétides. C.R. Ac. Sc., t. 234, p. 121-123.
- MACNEIR P. et REID D. M. (1929). — On the structure and mode of occurrence of *Scolithus linearis* (HALDEMAN) in the Cambrian quartzites of the N-W Highlands. Geol. Mag., vol. 66, p. 49-57, pl. 4-7.
- MAILLEUX E. (1936). — La faune et l'âge des quartzophyllades siegeniens de Longlier. Mém. Mus. Roy. Hist. Nat. Belgique, n° 73, 140 p., 3 pl.
- MANSFIELD G. R. (1906). — The characteristics of various types of conglomerates. Journ. Geol., vol. 14, p. 550-555, 1 tabl.

- MARTINET B. et SOUGY J. (1957 [1961]). — Utilisation pratique des classifications chimiques des roches carbonatées. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1957, p. 367, (résumé). *Ann. Fac. Sci. Dakar*, t. 6, p. 81-92, 2 tabl., 4 fig.
- MASLOV V. P. (1937a). — On the paleozoic rock-building algae of east Siberia. *Problems of Paleontology*, Moscou, vol. 2-3, t. 2-3, pp. 314-325, 12 pl.
- MASLOV V. P. (1937b). — On the distribution of calcareous algae in east Siberia. *Problems of Paleontology*, Moscou, vol. 2, n° 3, p. 290 et pp. 342-348, 5 pl.
- MASLOV V. P. (1938). — On the nature of the Stromatolite conophyton. *Problems of Paleontology*, Moscou, vol. 4, t. 4, pp. 329-332, 1 pl.
- MASLOV V. P. (1938). — The genus *Collenia*. *Problems of Paleontology*, Moscou, vol. V, p. 297.
- MATHERON G. (1955). — Le gisement de fer de Gara Djebilet. *Bull. Scient. Econ. B.R.M.A.*, n° 2, pp. 53-63, 2 fig., 1 carte.
- MATTHEW W. D. (1893). — On phosphate nodules from the Cambrian of southern New Brunswick. *Trans. N. Y. Acad. Sci.*, vol. 12, p. 109.
- Mc PHEE I., ANDERSON D. D. et MURET G. (1958). — Geology and petroleum prospects of the western Taoudeni basin. Dakar, Conorada Petroleum Corporation, Rapp. inéd., 27 p., 4 fig., 15 photos, 25 pl.
- MENCHIKOFF N. (1926). — Sur les terrains primaires au sud de l'Oued Drâa. *C.R. Ac. Sc.*, t. 183, pp. 978-979.
- MENCHIKOFF N. (1930). — Recherches géologiques et morphologiques dans le Nord du Sahara occidental. Thèse. *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam.*, III, fasc. 2, 147 p., 15 fig., 6 pl., 1 carte.
- MENCHIKOFF N. (1932). — Sur le Dévonien à Céphalopodes de l'Oued Saoura et des chaînes d'Ougarta (Sahara oranais). *C.R. Ac. Sc.*, t. 194, pp. 1966-1968.
- MENCHIKOFF N. (1933). — La série primaire de la Saoura et des chaînes d'Ougarta. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2° série, fasc. II, pp. 108-124.
- MENCHIKOFF N. (1935). — Le Dévonien des confins du Rio de Oro. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 37-39.
- MENCHIKOFF N. (1937). — Sur la présence de Gédinnien dans la région de la Saoura (Sahara occidental). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 180-181.
- MENCHIKOFF N. (1946). — Les formations à Stromatolithes dans le Sahara occidental. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), XVI, pp. 451-461, 3 pl.
- MENCHIKOFF N. (1949). — Quelques traits de l'histoire géologique du Sahara occidental. *Ann. Hébert et Haug* (Laboratoire Géol. Fac. Sci. Univ. Paris), t. VII, livre jub. Ch. Jacob, pp. 303-325, 1 carte.
- MENCHIKOFF N. et MONOD Th. (1936). — Coupe géologique du Hank à Taoudeni (Sahara occidental). *C.R. Ac. Sc.*, t. 202, pp. 230-232.
- MENCHIKOFF N. et NICKLÈS M. (1942). — La géologie des confins de la Mauritanie septentrionale (d'après les travaux de F. JACQUET). *Bull. Serv. Mines A.O.F.*, n° 6, pp. 51-76, 6 pl.
- MILLOT G. (1949). — Relations entre la constitution et la genèse des roches sédimentaires argileuses. Thèse. *Bull. Assoc. Ingén. Géol. Univ. Nancy*, t. II, n°s 2-3-4, 352 p., 20 fig., 7 pl.
- MONOD Th. (1939). — Phanérogames, pp. 53-211, 7 fig., 24 pl. in *Contributions à l'étude du Sahara occidental*. Publ. Comité ét. hist. sci. A.O.F., série B, n° 5, Paris, Larose édit.
- MONOD Th. (1949). — Observations nouvelles sur l'Adrar mauritanien. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), XIX, pp. 409-414, 1 fig.
- MONOD Th. (1950). — D'où provient le sel d'Idjil ? *Notes afric., Inst. Fr. Afr. Noire*, n° 47, juillet, pp. 89-90, 1 fig.
- MONOD Th. (1952a). — L'Adrar mauritanien. Esquisse géologique. *Bull. Dir. Mines A.O.F.*, n° 15, t. I, 284 p., 60 fig., 26 pl., 16 pl. fotogr.
- MONOD Th. (1952b). — Contribution à l'étude du peuplement de la Mauritanie. Notes botaniques sur l'Adrar (Sahara occidental). *Bull. Inst. Fr. Afr. Noire*, t. XIV, n° 2, pp. 405-449, 1 fig., 3 pl.
- MONOD Th. (1953). — Un type aberrant de Stromatolithe ouest-africain. *Bull. Inst. Fr. Afr. Noire*, t. XV, n° 3, pp. 895-900, 9 fig.
- MONOD Th. (1956). — Notes sur l'excursion D₁₀ (Adrar mauritanien) du 19^e Congrès géologique international (4-28 octobre 1952). *Bull. Inst. Fr. Afr. Noire*, t. XVIII, sér. A, n° 2, pp. 633-651, 4 fig.
- MONOD Th. (1960). — Remarques sur la stratigraphie de la falaise d'Hamdoun-Aginjob (Adrar de Mauritanie). *Bull. Inst. Fr. Afr. Noire*, Dakar, t. XXII, sér. A, n° 1, pp. 1-18, 6 fig.
- MONTIEL V. (1951). — Contribution à l'étude de la faune du Sahara occidental. Du sanglier au phacochère. Catalogue des animaux connus des Tekna, des Rguibat et des Maures. *Notes Doc. Inst. Hautes Et. Maroc.*, IX, 169 p.
- MONTIEL V. (1953). — Contribution à l'étude de la flore du Sahara occidental. Catalogue des Plantes connues des Tekna, des Rguibat et des Maures. Part. II. *Notes Doc. Inst. Hautes Et. Maroc.*, VI, 147 p.
- MONTIEL V. et SAUVAGE Ch. (1949). — Contribution à l'étude de la flore du Sahara occidental. Catalogue des Plantes connues des Tekna, des Rguibat et des Maures. Part. I. *Notes Doc. Inst. Hautes Et. Maroc.*, V, 120 p.

- MURAT M. (1944). — Esquisse phytogéographique du Sahara occidental (suivie de remarques et commentaires de Th. Monod, Ch. Rungs et Ch. Sauvage). *Mém. Off. Nation. Anti-Acridien*, n° 1, Alger, 31 p., 3 cartes.
- NESTEROF W.D. (1956). — De l'origine des oolithes. *C.R. Ac. Sc.*, t. 242, pp. 1047-1049.
- NICKLÈS M. (1947). — Les faunes de Graptolithes récoltées par F. Jacquet dans le Gothlandien de Mauritanie. *C.R. Ac. Sc.*, t. 224, pp. 355-356.
- OBERLIN A. et FREULON J.-M. (1958). — Etude minéralogique de quelques argiles des séries primaires du Tassili N'Ajjer et du Fezzan (Sahara central). *Bull. Soc. Fr. Minér. Crist.*, t. LXXXI, pp. 186-189, 3 fig.
- OCHSENIUS C. (1877). — Die Bildung der Steinsalzlager und ihrer Mutterlangersalze. Halle, 172 p., 3 pl.
- OEHLERT D.-P. (1887). — Etude sur quelques fossiles dévoniens de l'Ouest de la France. *Ann. Sc. Géol.*, t. XIX, 1, pp. 1-80, pl. I-V.
- OEHLERT D.-P. (1889 [1888]). — Sur le Dévonien des environs d'Angers (Maine-et-Loire). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (3), XVII, pp. 742-791, 2 fig., pl. XVIII-XXI.
- OEHLERT D.-P. (1896-1901). — Fossiles dévoniens de Santa Lucia (Province de Léon, Espagne). I^{re} partie : *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (3), XXIV, pp. 814-875, pl. 26-28. II^e partie : *Ibid.*, (4), I, pp. 233-250, pl. 6.
- OKULITCH V. J. (1956). — The Lower Cambrian of western Canada and Alaska. *XX Congr. geol. intern. Mexico, Symposium sobre el Cambrico*, part. II, pp. 709 et 727.
- ÕPIK A. A. (1928 [1926]). — Gisements de phosphates en Esthonie. Der Estlaendische Obolenphosphorit. Les réserves mondiales en phosphate. *XIV Congr. geol. intern. Madrid*, t. I, pp. 135-194, 2 cartes.
- ÕPIK A. A. (1956). — Cambrian (Lower Cambrian) of Estonia. *XX Congr. geol. intern. Mexico, Symposium sobre el Cambrico*, part. I, pp. 97-126.
- ORCEL J., HÉNIN St. et CAILLÈRE S. (1949). — Sur les silicates phylliteux des minerais de fer oolithiques. *C.R. Ac. Sc.*, t. 229, pp. 134-135.
- PALAUSI G. (1958 [1959]). — Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des formations primaires au Soudan méridional et en Haute-Volta. Thèse, Nancy, et *Bull. Serv. Géol. Prosp. min.*, Dakar, n° 33, 209 p., 32 fig., 17 pl., 14 cartes, 6 cartes hors-texte, 18 pl. hors-texte.
- PEACH B. N., HORNE J., GUNN W., CLOUGH C. T., HINXMAN L. W. (1907). — The geological structure of the NW Highlands of Scotland. *Mem. Geol. Surv. Great Britain*, pp. 363-427.
- PÉNEAU J. (1928). — Recherches stratigraphiques et paléontologiques dans le sud-est du Massif armoricain. Thèse Fac. Sc., Lille, sér. A., n° 34, 300 p., 32 fig.; *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest Fr.*, Nantes, sér. 4, t. VIII, n° 1-4, 300 p., 24 pl.
- PERNER J. et KODYM O. (1922). — On the zonal division and correlation of the Silurian of Bohemia. *Amer. Journ. Sci.*, (V), 4, pp. 53-72.
- PERRAUD J. (1934). — Caractères anatomiques du xérophytisme dans la végétation mauritanienne. Thèse, Lyon, Bosc et Riou impr.
- PETELINE V. P. (1954). — Sur la découverte de glauconie dans les sédiments marins contemporains. *Ac. Sc. U.R.S.S., Trav. Inst. Océanogr.*, t. VIII, pp. 220-228, 10 fig., 3 tabl.
- PETTER G. (1959). — Goniates dévoniennes du Sahara. Thèse, Paris. *Serv. Carte Géol. Algérie*, nouv. sér., Paléont., mém. n° 2, Alger. 313 p., 58 fig., 26 pl.
- PETTJOHN F. J. (1949). — Sedimentary rocks. 1st edit. New-York, Harper and Brothers, 526 p.
- PETTJOHN F. J. (1957). — Sedimentary rocks. 2nd edit., New York, Harper and Brothers, 718 p., 173 fig., 119 tabl., 40 pl.
- PIERRET R. (1948). — Etude du dialecte maure dans les régions sahariennes et sahéliennes de l'Afrique occidentale française. Paris, Imprim. Nat., 521 p.
- PILLET J. (1961). — Contribution à l'étude des faunes de Trilobites du Zemmour (Mauritanie septentrionale). *Ann. Fac. Sci. Dakar*, t. 6, pp. 93-118, 9 fig., 3 pl.
- POUEYTO A. (1952). — In Les chaînes d'Ougarta et la Saoura 1^{re} partie, Ch. I : Rhyolites et grès d'Ougarta, pp. 25-47, 7 fig., 1 pl. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région.*, 1^{re} série : Algérie, n° 15.
- POUEYTO A. (1958 [1957]). — Contribution à l'étude des grès inférieurs au Sahara septentrional. *Coll. C.N.R.S. n° 76*, Les relations entre Précambrien et Cambrien, Paris, pp. 191-197.
- POULSEN Ch. (1956). — The Cambrian of the East Greenland geosyncline. *XX Congr. geol. intern. Mexico, Symposium sobre el Cambrico*, part. I, pp. 59-69, 2 fig.
- POULSEN Ch. (1960). — Notes on some Lower Cambrian Fossils from French West Africa. *Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk.*, 32, n° 7, pp. 1-12, 1 fig., 3 pl.
- PRANTL F. et PŘIBYL A. (1948). — Revise různorepých (Eurypterida) z českého siluru. *Rozpravy UUG*, vol. X, pp. 16-21.
- PREOBRAGENSKY I. A. et SARKISIAN S. G. (1954). — Minéraux des roches sédimentaires. *Gostoptekhizdat*.

- PRUVOST P. (1951). — L'Infracambrien. *Bull. Soc. Belge Géol. Pal. Hydr.*, t. LX, fasc. 1, pp. 43-65, 4 fig.
- QUIROGA F. (1886a). — Apuntes de un viaje por el Sáhara occidental. *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 15, pp. 495-523, 1 pl.
- QUIROGA F. (1886b). — Geología y geografía [Sáhara occidental]. Madrid, *Rev. geogr. com.*, t. 2, n^{os} 25-30, pp. 63-66, 1 coupe géologique.
- QUIROGA F. (1886c). — Mineras, rocas, fósiles. In : Colecciones del Sáhara y de Canarias. Madrid, *Rev. geogr. com.*, t. 2, n^{os} 25-30, pp. 72-73.
- QUIROGA F. (1889). — Observaciones geológicas hechas en el Sáhara occidental. *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XVIII, pp. 337-393, 1 carte.
- REED J. J. (1952). — Sediments from the Chatham Rise. *New Zealand Journ. Sci.*, technol. sect. B, vol. 34, n^o 3, pp. 173-188.
- REGNÉLL G. (1960). — The lower Palaeozoic of Scania. *XXIst Intern. geol. Congr. Copenhagen*. Guide to excursions A22 and C17, pp. 3-43, 8 fig., 3 tabl.
- REMACQ - PETITOT M.-L. (1960). — Contribution à l'étude du Gothlandien du Sahara. Bassins d'Adrar Reggane et de Fort-Polignac. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), II, pp. 230-239, 3 fig.
- RENAUD L. (1957). — Sur la position stratigraphique du Falémien de Mauritanie. *C.R. Ac. Sc.*, t. 245, pp. 1638-1641, 1 fig.
- RENAUD L. (1958 [1961]). — Le Précambrien du Sud-Ouest de la Mauritanie et du Sénégal oriental. Thèse, Clermont-Ferrand, et *Mém. Bur. Rech. géol. min.*, n^o 5, 141 p., 11 fig., 12 pl.
- RICHTER R. (1921). — *Scolithus*, *Sabellarifex* und *Geflecht-quartzite*. *Senckenbergiana*, vol. 3, Pt. 1-2, Frankfurt/Main.
- RICHTER R. (1928). — Fortschritte in der Kenntnis der *Calceola*-Mutationen. *Senckenbergiana*, 10, 3-4, pp. 169-184, 13 fig.
- RICHTER R. et E. (1954). — Die Trilobiten des Ebbe - Sattels und zu vergleichende Arten (Ordovizium, Gotlandium/Devon). *Abh. senckenb. naturf. Ges.*, 488, pp. 1-76, Frankfurt/Main.
- ROCCI G. (1951). — Rapport de fin de campagne 1950-1951 - Feuille Tourine (Mauritanie). Dakar, Arch. Mines, inéd.
- ROCCI G. (1957 [1955]). — Formations métamorphiques et granitiques de la partie occidentale du Pays Reguibat (Mauritanie du Nord). *Bull. Dir. Féd. Mines Géol. A.O.F.*, n^o 22, 2 tomes, 480 p., 43 pl., 20 pl. hors-texte, 58 analyses.
- ROCH E. (1930). — Etudes géologiques dans la région méridionale du Maroc occidental. *Serv. Mines Carte Géol. Maroc, Notes et Mém.*, n^o 9, et Thèse, Paris. 542 p., 75 fig., 26 pl., 1 carte géol.
- ROCH E. (1950). — Histoire stratigraphique du Maroc. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n^o 80, 435 p., 77 fig., 6 tabl., 22 pl.
- RODGERS J. (1954). — Terminology of limestone and related rocks: an interim report. *Journ. Sedim. Petrol.*, vol. 24, n^o 4, dec., pp. 225-234.
- RODGERS J. (1956a). — The known Cambrian deposits of the Southern and Central appalachian mountains. *XX Congr. geol. intern. Mexico, Symposium sobre el Cambrico*, Part. II, p. 353.
- RODGERS J. (1956b). — The clastic sequence basal to the Cambrian system in the central and southern Appalachians. *XX Congr. geol. intern. Mexico, Symposium sobre el Cambrico*, Part II, pp. 393 et 397.
- RODRIGUEZ MELLADO M.-T. (1948). — El Devónico en el Sáhara español. *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, t. XLVI, n^{os} 5-6, pp. 425-442, 2 fig., pl. 23-36.
- ROGERS A. F. (1922). — Collophane, a much neglected mineral. *Amer. Journ. Sci.*, ser. 5, vol. 3, pp. 269-276.
- ROQUES M. (1948). — Le Précambrien de l'Afrique occidentale française. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (5), XVIII, pp. 589-628.
- ROSENBUSCH (1910). — *Elemente der Gesteinlehre*. Stuttgart.
- ROUAIX S., SAINTON C. et VILLEMUR J.R. (1952). — Rapport de fin de campagne - Régions El Mreiti et El Mzereb (Mauritanie). Rapp. inéd. Dir. Féd. Mines Géol. A.O.F., Dakar, 48 p., fig., 6 cartes.
- ROUKHINE L.B. (1953). — Bases de la lithologie. Etude des formations sédimentaires. Moscou, 671 p., 304 fig., 46 tabl. Traduc. Pietresson de Saint-Aubin, *Ann. Cent. Et. Doc. Paléont.*, n^o 9, 1^{er} trimestre 1955.
- SALLÉ C., BOIS C., CLARACQ P., HINDERMEYER J., JACQMIN A., MOLLIER M., MOULIN P. et POULET M. (1956). — Mission B.R.P. - Tanezrouft, Rapport de fin de mission. *Inst. Fr. Pétr.*, réf. n^o 1274.
- SAMSONOWICZ J. (1956). — Cambrian paleogeography and the base of the cambrian system in Poland. *XX Congr. geol. intern. Mexico, Symposium sobre el Cambrico*, Part. I, p. 133.
- SAUVAGE Ch. (1946). — Notes botaniques sur le Zemmour oriental (Mauritanie septentrionale). *Mém. Office Nation. Anti-acridien*, Alger, n^o 2, 46 p., 1 pl., 1 carte.

- SAUVAGE Ch. (1949). — Nouvelles notes botaniques sur le Zemmour oriental (Mauritanie septentrionale). In Travaux botaniques dédiés à René Maire. *Mém. hors-série Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, t. II, pp. 279-290, 1 pl.
- SCHINDEWOLF O.-H. (1933). — Vergleichende Morphologie und Phylogenie der Anfangskammern tetrabranchiater Cephalopoden. *Abh. preuss. geol. Landesanst., N.F.*, heft 148, pp. 6-115.
- SCHINDEWOLF O.-H. et SEILACHER A. (1955). — Beiträge zur Kenntnis des Kambriums in der Salt Range (Pakistan). *Akad. Wissensch. Literatur, Abhandl. Mathem. Naturwis. Klasse*, n° 10., pp. 257-446, 33 pl.
- SCHNUR J. (1853). — Brachiopoden der Eifel. *Palaeontographica*, t. III, 76 p., 24 pl.
- SCRUTON L. P. (1953). — Deposition of evaporites. *Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geol.*, vol. 37, pp. 2498-2512.
- SCUPIN H. (1900). — Die Spiriferen Deutschlands. *Palaeont. Ab., N.F.*, Bd. IV, heft 3, 139 p., 14 fig., 10 pl.
- SINCLAIR J.-H. (1918). — Sur l'âge des grès de la Guinée française. *C.R. Ac. Sc.*, t. 166, p. 417.
- SLANSKY M. (1959). — Contribution à l'étude géologique du bassin sédimentaire côtier du Dahomey et du Togo. Thèse, Nancy et *Mém. Bur. Rech. géol. min.*, n° 11, 270 p., 69 fig., 4 tabl., 19 cartes, 29 phot., 3 pl. h.-t., 1 carte géol. coul. 1/300 000 h.-t., biblio.
- SLANSKY M., CAMEZ Th. et MILLOT G. (1959). — Sédimentation argileuse et phosphatée au Dahomey. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), I, pp. 150-155, 2 fig.
- SOCHKINA E. D. (1952). — Manuel de détermination des Tétracoralliaires du Dévonien. *Tr. Inst. paléont. Acad. Sci. U.R.S.S.*, t. 39, 127 p., 122 fig. (Traduct. S.I.G. n° 1249, Paris, 1956).
- SOROTCHINSKY C. (1954 [1952]). — Formation des minéraux granitiques dans les calcaires. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger*, sect. XIII, fasc. XV, pp. 553-569, 11 fig.
- SOUGY J. (1951). — Rapport de mission géologique à Fort Trinquet (février à juin 1951). Dakar, Rapp. inéd. Dir. Mines A.O.F., 43 p., 30 fig., 3 pl., 1 carte.
- SOUGY J. (1953). — Rapport géologique de fin de campagne 1951-1952 à Fort Trinquet (Mauritanie). Dakar, Rapp. inéd. Dir. Fédér. Mines Géol. A.O.F., 65 p., 1 carte : Zemmour NW - Géologie provisoire, échelle 100 000^e.
- SOUGY J. (1955a). — Nouvelles observations de terrain sur la géologie du Zemmour noir. Rapp. inéd. Dir. Féd. Min. Géol. A.O.F., Dakar, août 1955, 61 p., 43 fig., 6 cartes.
- SOUGY J. (1955b). — Catalogue de l'herbier de la Mauritanie nord-occidentale. *Doc. inéd.*
- SOUGY J. (1956a). — Nouvelles observations sur le « Cambro-Ordovicien » du Zemmour (Sahara occidental). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), VI, pp. 99-113, 1 tabl., 3 fig.
- SOUGY J. (1959 [1956b]). — Le Zemmour, point de jonction des types marocain et saharien du « Cambro-Ordovicien ». *XX Congr. geol. intern. Mexico, Asoc. Serv. geol. afric.*, pp. 275-280, 1 fig.
- SOUGY J. (1957). — Division en deux séries distinctes de la série de l'Oumat el Ham (Mauritanie septentrionale). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 180-181.
- SOUGY J. (1959). — Les formations crétacées du Zemmour Noir (Mauritanie septentrionale). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), I, pp. 166-182, 4 fig., 2 tabl.
- STANISLAS-MEUNIER (1888). — Fossiles nouveaux provenant d'Arabie. *Le Naturaliste*, t. 10, n° 36, pp. 204-205.
- ST JOSEPH J. K. S. (1937). — On *Camarotoechia borealis* (VON BUCH, 1834, ex SCHLOTHEIM, 1832). *Geol. Magaz.*, vol. LXXIV, pp. 33-48.
- STUBBLEFIELD C. J. (1956). — Cambrian palaeogeography in Britain. *XX Congr. geol. intern. Mexico, Symposium sobre el Cambrico*, part. I, p. 27.
- TERMIER H. (1936). — Etudes géologiques sur le Maroc central et le Moyen Atlas septentrional. Thèse. *Notes et Mém. Serv. Mines Carte Géol. Maroc*, n° 33 - tome I : Les terrains primaires et le permo-trias, 743 p., 47 fig. - tome IV : Atlas des figures et des tableaux hors-texte.
- TERMIER H. et G. (1948). — Etude sur *Calceola sandalina* LINNÉ. *La Rev. Sci.*, n° 3291, pp. 208-218, 32 fig., 2 tabl.
- TERMIER H. et G. (1950). — Paléontologie marocaine, t. II - Invertébrés de l'ère primaire : fasc. I Foraminifères, Spongiaires et Coelentérés; fasc. II Bryozoaires et Brachiopodes; fasc. III Mollusques; fasc. IV Annélides, Arthropodes, Echinodermes, Conularides et Graptolithes. Paris, Hermann et C^{ie}.
- TERMIER H. et G. (1956). — Conditions écologiques du Cambrien inférieur. *XX Congr. geol. intern. Mexico, Symposium sobre el Cambrico*, part. I, pp. 417-425.
- TERMIER H. et G. (1957). — Quelques faits paléogéographiques et paléocéologiques relatifs à la limite de l'Antécambrien et du Cambrien. *Rev. gén. Sc. pures et appl.*, t. LXIV, nos 9-10, pp. 285-291.
- TORLEY K. (1934). — Die Brachiopoden des Massenkalkes der Oberen Givet-Stufe von Bilveringsen bei Iserlohn. *Abh. Senckenb. Natur. Gesell.*, t. 43, n° 3, pp. 67-148, 82 fig., 9 pl.
- TWENHOFEL W. H. (1947). — The environmental significance of conglomerates. *Journ. Sediment. Petrol.*, vol. 17, pp. 119-128.
- TWENHOFEL W. H. (1950). — Principles of sedimentation. McGraw Hill, New-York, 673 p., 81 fig.

- VILLEMUR J. R. (1955). — Rapport de fin de campagne 1954-1955. Feuille Taoudenni au 500 000° (Mauritanie). Rapp. inéd., Archives Dir. Mines A.O.F., Dakar.
- VILLEMUR J. R. et DROT J. (1957). — Contribution à la faune dévonienne du bassin de Taoudeni. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), VII, pp. 1077-1082, 1 fig., 1 pl.
- VILLEMUR J. R. (1960a). — Stratigraphie du Cambro-Silurien du NW du bassin de Taoudenni (Mauritanie). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, pp. 11-12.
- VILLEMUR J. R. (1960b). — De l'absence de Gothlandien sur le versant nord du bassin de Taoudenni (Mauritanie). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, p. 27, 1 fig.
- VISSE L. (1952). — Genèse des gîtes phosphatés du Sud-Est algéro-tunisien. *XIX^e Congr. géol. intern. Alger, Monogr. région.*, 1^{re} série, n° 27, pp. 1-58.
- WALCOTT C. D. (1906). — Algonkian formations of north-western Montana. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. XVII, pp. 1-28, 11 pl.
- WALCOTT C. D. (1914). — Cambrian geology and paleontology, III, n° 2. Precambrian algonkian algal flora. *Smiths. Misc. Coll.*, vol. 64, n° 2, pp. 113, pl. 10.
- WALCOTT C. D. (1928). — Cambrian geology and paleontology, V, n° 5. Pre-devonian paleozoic formations of the Cordilleran provinces of Canada. *Smiths. Misc. Coll.*, vol. 75, n° 5, p. 171.
- WALTHER J. (1900). — Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. Berlin, 175 p., 50 fig.
- WALTHER J. (1924). — Das Gesetz der Wüstenbildung. Leipzig.
- WATERLOT G. (1931). — Description d'un *Scyphocrinus elegans* ZENKER, Crinoïde du Silurien supérieur des Pyrénées orientales. *Ann. Soc. Géol. Nord*, LVI, pp. 49-68, pl. VI.
- WATERLOT G. (1945). — Les Graptolites du Maroc - 1^{re} partie : Généralités sur les Graptolites. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 63, 112 p., nombreuses figures.
- WESTERGAARD A. H. (1931). — *Diplocraterion*, *Monocraterion*, and *Scolithus* from the Lower Cambrian of Sweden. *Sveriges Geol. Undersökning*, ser. C, n° 372, Årsbok 25, n° 5, 10 pl.
- WHEELER H. E. (1958 [1957]). — Le rôle des concepts stratigraphiques dans le problème de la frontière Cambrien-Précambrien. 76^e Coll. C.N.R.S. Les relations entre Précambrien et Cambrien, Paris, pp. 15-23.
- WHEELER H. E. (1958). — Primary factors in biostratigraphy. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 42, pp. 640-655, 4 fig.
- WHEELER H. E. et MALLORY V. S. (1956). — Factors in lithostratigraphy. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 40, pp. 2711-2763, 6 fig.
- WHITFIELD R. P. (1880). — Descriptions of new species of fossils from the Paleozoic formations of Wisconsin. *Annual Rep. Wisconsin Geol. Surv. for 1879*, pp. 45-47.
- WILLIAMS H. S. (1913). — Recurrent *Tropidoleptus* zones of the upper Devonian in New-York. *U.S. Geol. Surv.*, prof. paper 79, 103 p.
- ZIMMERMANN M. (1960). — Nouvelle subdivision des séries antégothlandiennes de l'Afrique occidentale (Mauritanie, Soudan, Sénégal). *XXIst Intern. geol. congr. Copenhagen*, part VIII, pp. 26-36, 2 fig.

PLANCHES
HORS-TEXTE

N. B. — Les indications portées en tête de ces planches sont celles qui étaient initialement destinées au Bulletin n° 28 du Service de Géologie et de Prospection minière de l'A. O. F.

PLANCHE I

PLANCHE I

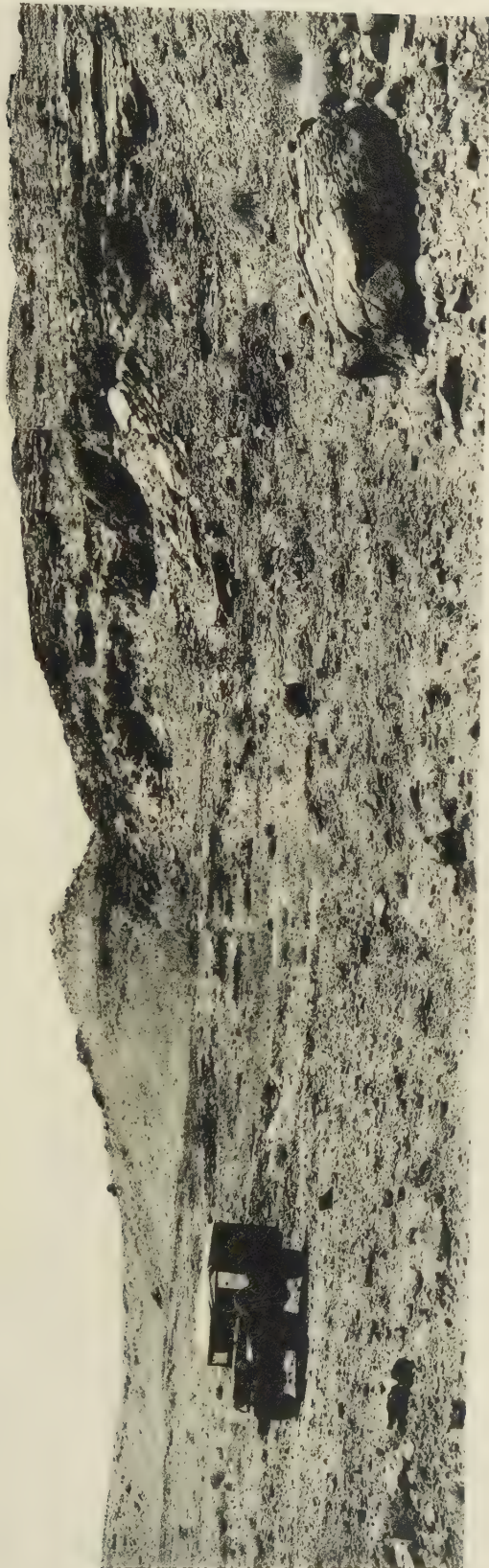
« Cambro-Ordovicien »

1-2. *Massif de l'Oumat el Ham : discordance de ravinement des grès supérieurs sur la série de l'Oumat el Ham.*

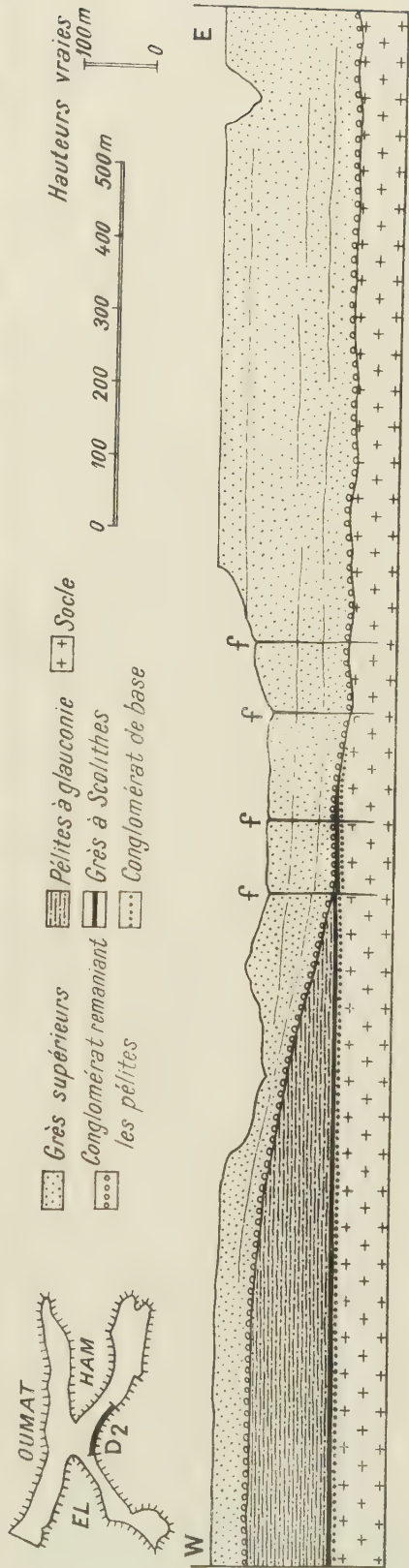
L'emplacement de la photographie est indiqué par le croquis de position. Le camion est situé sur le socle granitique; en arrière, au bas du talus, une traînée un peu plus sombre correspond aux grès à Scolithes inférieurs, très minces, qui arrivent presque jusqu'au premier plan (au-dessus du gros rocher de droite). Au loin, à gauche, le talus de la falaise est formé de pélites micacées à glauconie. Il est surmonté par une corniche de grès-quartzites.

Ces grès-quartzites s'épaississent vers la droite, au détriment des pélites, jusqu'à venir en contact avec les grès à Scolithes et même, au premier plan, avec le socle. Le contact entre les deux formations est jalonné par un conglomérat qui remanie les pélites. Noter à mi-hauteur de la falaise, à droite du camion, le dépôt oblique des premiers bancs des grès supérieurs, sur les pélites de la série de l'Oumat el Ham.

Vue prise vers l'Ouest.



1



Coupe D₂ du "Cambro-Ordovicien" de l'Oumat el Ham (massif sud, branche SE) montrant la discordance de ravinement des Grès supérieurs sur les Pélites à glauconie et les Grès à Scolithes

2

PLANCHE II

PLANCHE II

« Cambro-Ordovicien »

1. *Massif de l'Oumat el Ham, vu du puits Bir Oumat el Ham.*

Au premier plan, le « rejem » du puits. Celui-ci est le trou noir, au fond de l'oued, à droite de l'arbre. Les bords de l'oued sont granitiques. La plaine caillouteuse est constituée par une mince couche de grès à Scolithes pendant légèrement vers l'Ouest. Le grand talus est formé de pélites micacées à glauconie, qui donnent, lorsqu'elles sont dégagées de leur couverture gréseuse, des collines au modelé arrondi (extrême droite). Grès à Scolithes et pélites constituent la série de l'Oumat el Ham. Le sommet du massif est formé par les quartzites de la série de Garat el Hamoueïd.

La vue est prise le matin, vers le Sud.

2. *Discordance de ravinement des grès supérieurs (série de Garat el Hamoueïd) sur les grès à Scolithes supérieurs de l'Oued Ezrayeb (série de l'Oumat el Ham).*

En bas, grès-quartzites à Scolithes de l'Oued Ezrayeb (niveau 11). On distingue, notamment au-dessus du marteau, les tubes verticaux des Scolithes. Cette formation est donc strictement horizontale. Les grès supérieurs reposent sur un plan d'érosion incliné; d'abord en pente, ils redeviennent horizontaux vers le haut.

Massif gréseux entre l'Oued Belfaa et l'Oued Ezrayeb (voir croquis de position sur la figure-texte n° 31).



PLANCHE III

PLANCHE III

« Cambro-Ordovicien »

1. Massif sud de l'Oumat el Ham.

Le bas de la plaine correspond au socle granitique. La falaise du fond (branche sud-ouest du massif en croix de Saint André de l'Oumat el Ham) est constituée à la base par un mince niveau de grès à Scolithes (trait sombre sur la photo), puis par un grand talus de pélites micacées à niveaux glauconieux (série de l'Oumat el Ham). La falaise est couronnée par une corniche gréseuse (série de Garat el Hamoueïd), peu épaisse dans ce secteur. Au premier plan, les grès supérieurs, plus puissants, débudent plus bas dans la falaise. Ils forment ici un abri sous roche couvert de peintures rupestres.

Photo prise vers l'Ouest.

2. Flanc ouest du massif de l'Oumat el Ham.

Au fond à gauche, massif nord de l'Oumat el Ham; au fond à droite, massif central. La falaise comprend, à la base, des grès noirs à Scolithes, puis un talus de pélites micacées glauconieuses (série de l'Oumat el Ham) et une corniche de grès-quartzites (série de Garat el Hamoueïd).

Au-dessus de la porte du camion, une butte au relief mou est constituée de pélites micacées. Les deux pitons rocheux, de part et d'autre du véhicule, formés des mêmes grès-quartzites que le haut de la falaise, mais fortement broyés, jalonnent un grand accident tectonique qui sépare le massif de l'Oumat el Ham de formations paléozoïques plus récentes situées à l'Ouest. Le camion est arrêté sur les argiles gotlandiennes verticales, affleurant mal.

Photo prise vers le NE.



1



2

PLANCHE IV

PLANCHE IV

Gotlandien

1. *Gara Foug Gara, vue du Nord.*

Au premier plan, l'Oued Leglaga. La butte repose sur un plateau incliné vers l'WNW. Les talus de ce plateau sont constitués de pélites à glauconie. Puis, à mi-hauteur, apparaît une première barre de grès; c'est le début des grès supérieurs. Des failles verticales compliquent ce schéma : le compartiment situé à l'Est, derrière l'arbre, est effondré par rapport au reste du plateau.

La butte elle-même est constituée à sa base de formations tendres gotlandiennes, formant talus. La partie supérieure, *discordante angulairement*, est formée de grès horizontaux du Crétacé supérieur, qui constituent le seul témoin de Crétacé de toute la région.

Zone de passage du Gotlandien au Dévonien

2. *Kédia Leglaga.*

C'est un massif incliné en pente douce vers l'WNW. A l'Est, il se termine brusquement par une grande cuesta qui est plus difficile à descendre en camion que ne le laisse supposer la photographie.

Le bas de la plaine est constitué par le Gotlandien calcaire (Ludlow), très fossilifère, de couleur bleue; la base du talus est formée de schistes dans lesquels s'intercalent vers le haut des bancs de plus en plus abondants de calcaires silteux et de siltstones calcaires azoïques, de couleur chamois. Ces faciès, qui constituent tout le massif de la Kédia Leglaga, disparaissent rapidement au Sud de l'Oued Leglaga, et passent latéralement à des schistes.

La photo est prise vers le SSW.



1



2

PLANCHE V

PLANCHE V

Couvinien inférieur

1. *Falaise de Tighirt.*

Au fond à droite, les terrains sombres sont formés par les grès emsiens et par les grès de Tighirt inférieurs. Le grand talus est constitué par les siltstones argileux de Tighirt qui comportent, à mi-pente, de petits lits calcaires à Trilobites. Ces siltstones ont livré une faune du Couvinien inférieur (Pl. XXXVI). La falaise est couronnée par des grès-quartzites à *Acrospirifer* et à Plantes (?). La présence de *Paraspirifer cultrijugatus* dans un niveau plus élevé, qui serait visible à gauche de la photographie, démontre l'âge couvinien inférieur de ces grès peu fossilifères.

L'oued du premier plan est une « tête » des Oudiate el Khyam. Aguel Tighirt serait situé au bas de la pente douce de la falaise, à gauche de la vue, qui est prise vers le NNE.

Givetien

2. *Calcaires à Polypiers inférieurs.*

Au fond à gauche, dans la brume, le massif cambro-ordovicien de l'Oumat el Ham. Devant, la plaine est formée par les marnes à Calcéoles.

La crête rocheuse (« kerb ») du premier plan est formée de bancs calcaires bleu clair excessivement riches en Polypiers et Bryozoaires, alternant avec des marnes. Les marnes de l'Amgala, à *Spinocyrtia ascendens*, du Givetien supérieur, occupent la zone déprimée de droite. Elles sont recouvertes, tout à fait à droite, par les calcaires silteux de l'Amgala, azoïques, mais toujours du Givetien supérieur. Toutes ces couches appartiennent au flanc est du premier grand synclinal situé à l'Ouest de Tighirt.

Photographie prise vers le Sud.



1



2

PLANCHE VI

PLANCHE VI

*Givetien*1. *Anticlinal de Bou Dreïga.*

La plaine de l'Oued Bou Dreïga recouvre un anticlinal dont le cœur est formé de marnes à Calcéoles, et les flancs de calcaires à Polypiers. Une faille suit approximativement le bord droit de l'oued. A droite de la faille, les formations de l'Amgala : talus de marnes très fossilifères et crête de calcaires silteux (blocs du premier plan). La butte au relief mou est formée de marnes riches en *Neometacanthus stellifer* (Pl. XLIX, fig. 1).

Au fond, les affleurements noirs sont des grès du Dévonien supérieur appartenant au synclinal suivant. A l'horizon, formations tabulaires conglomératiques récentes.

Vue prise vers le Nord.

*Zone plissée*2. *Zone plissée de l'Amgala.*

A l'Ouest de la falaise de l'Amgala, les formations méso- et néodévonien sont fortement plissées. Au premier plan calcaires silteux de l'Amgala, redressés à la verticale.

Vue prise vers le Nord.



1



2

PLANCHE VII

PLANCHE VII

*Zone plissée**1. Région d'Aïdiate.*

Au premier plan, grès du Couvinien inférieur plongeant vers l'Ouest. La première dépression correspond aux siltstones argileux de Tighirt. Le « kerb » suivant appartient encore au Couvinien inférieur (calcaires silteux à *Paraspirifer cultrijugatus*). La plaine suivante, traversée par l'Oued Aïdiate, est occupée par les formations givetiennes (marnes à Calcéoles). La butte claire de gauche est le bioherme (récif) d'Aïdiate, découvert par F. JACQUET.

A l'arrière-plan, les affleurements noirs sont la réapparition du Dévonien inférieur et du Couvinien, fortement plissés. Ils sont recouverts en discordance par les formations tabulaires du Crétacé (massif d'Aïdiate).

Vue panoramique du SW au NW, prise à 1,8 km au SW de Bir Aïdiate.

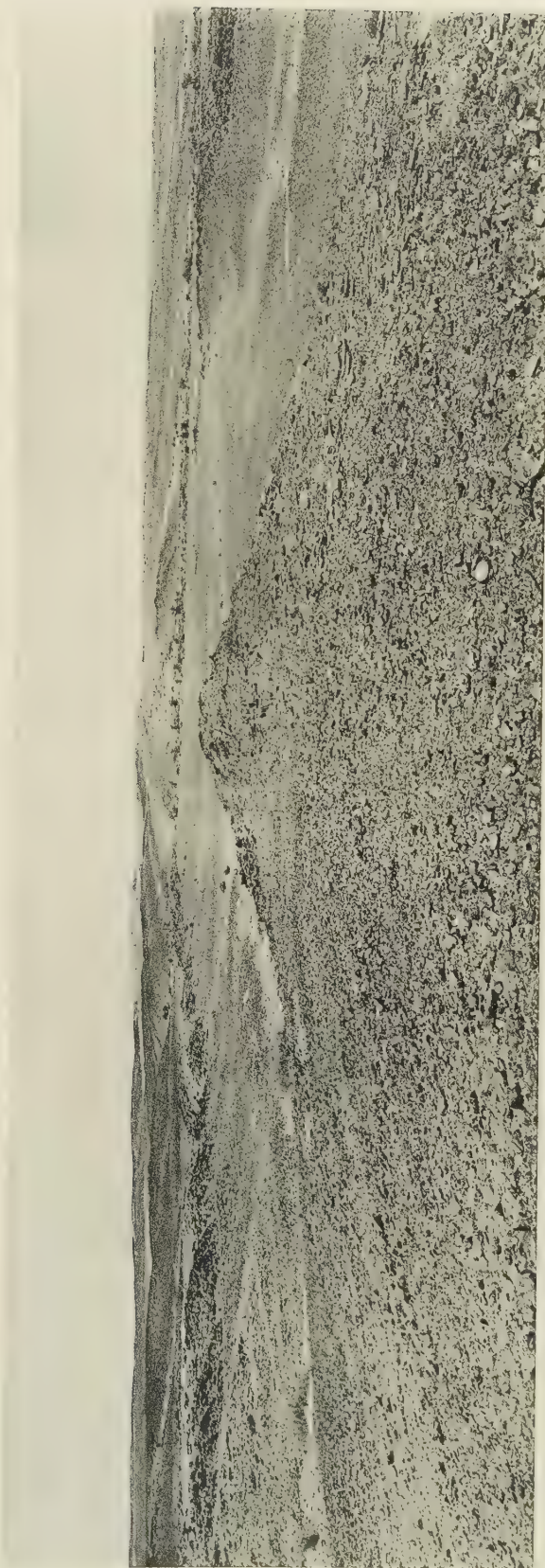
2. Zone plissée de l'Amgala : terminaison périclinal.

A gauche et à droite, les calcaires de l'Amgala forment une structure anticlinale qui se referme au premier plan. Le cœur de l'anticlinal est constitué de marnes de l'Amgala et de calcaires à Polypiers inférieurs. A gauche, les affleurements noirs de Dévonien supérieur appartiennent déjà au synclinal suivant.

Vue prise vers le Nord.



1



2

PLANCHE VIII

PLANCHE VIII

Infracambrien Série d'El Thlethyate (2)

1. *Dolomie microcristalline à géodes de dolomite, calcite, limonite et quartz.*

Noter la forme automorphe des rhomboèdres de dolomite, et leur dimension plus grande en bordure de la géode (120 μ). LN, $\times$ 80.

Ech. 21 709, (2a), dolomies de la zone puissante de l'Ouest, chaîne de Dhlou, à l'Ouest de Tighirt.

2. *Dolomie microcristalline à section verticale de Conophyton.*

Aucune véritable structure organique n'apparaît; les coupoles emboîtées correspondent à des alternances de dolomie microcristalline (15 à 30 μ) et de dolomie cryptocristalline à impuretés ferrugineuses. La roche n'a pas subi de recristallisation secondaire interceptant les coupoles, ce qui tend à montrer que la dolomitisation est syngénétique. LN, $\times$ 6.

Ech. 2 094, (2b), dolomies de la zone moyenne d'El Thlethyate, El Thlethyate (Sahara espagnol).

3. *Dolomie à lits de dolomie gréseuse et de grès dolomitique.*

Noter le litage de la roche, le graded bedding; là encore on ne remarque pas de dolomitisation secondaire recoupant les lits; les grains de quartz (max. 1100 μ) sont très usés; on observe aussi quelques microclines détritiques. LN, $\times$ 5.

Ech. 2051, (2c), dolomies de la zone réduite d'Aghachan el Akhdhar, extrémité sud d'Aghachan el Akhdhar.

4. *Chert en banc gris verdâtre à texture noduleuse.*

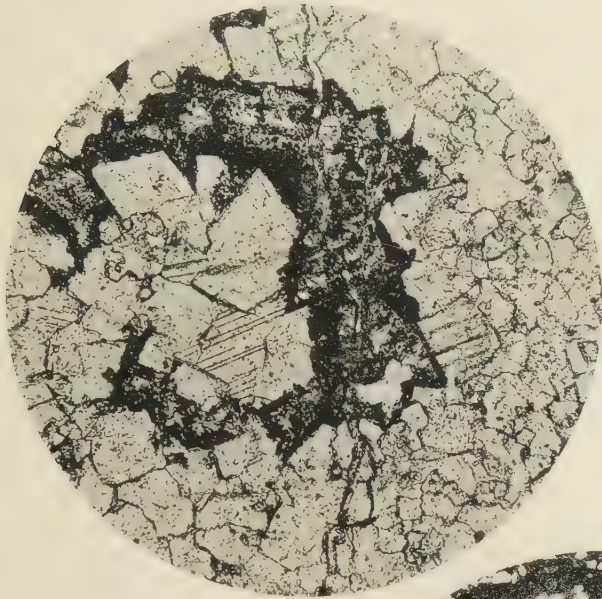
Le quartz cryptocristallin du chert est envahi par un réseau de quartz secondaire plus largement cristallisé. LP, $\times$ 130.

Ech. 2044, (2^{IV}), accidents siliceux de la série d'El Thlethyate, Aghachan el Akhdhar.

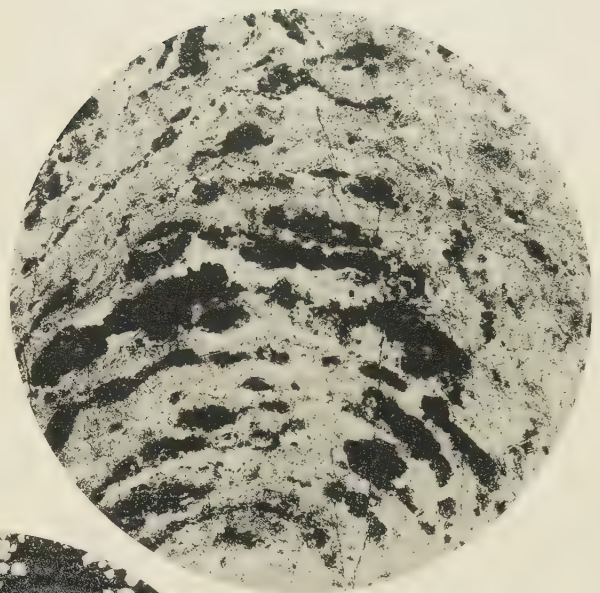
5. *Grès-quartzite feldspathique, à nodules de chert (vue du contact).*

Le grès-quartzite est constitué de gros grains de quartz (200 μ) nourris, dont on voit encore les formes originelles très usées; le chert (quartz microcristallin) recoupe en dents de scie les grains, dont certains sont attaqués à moitié. Au contact, petites paillettes de séricite. Très bel exemple de remplacement d'un grès par un chert. LP, $\times$ 140.

Ech. 2043, (2^{IV}), accidents siliceux de la série d'El Thlethyate, même localité.



1

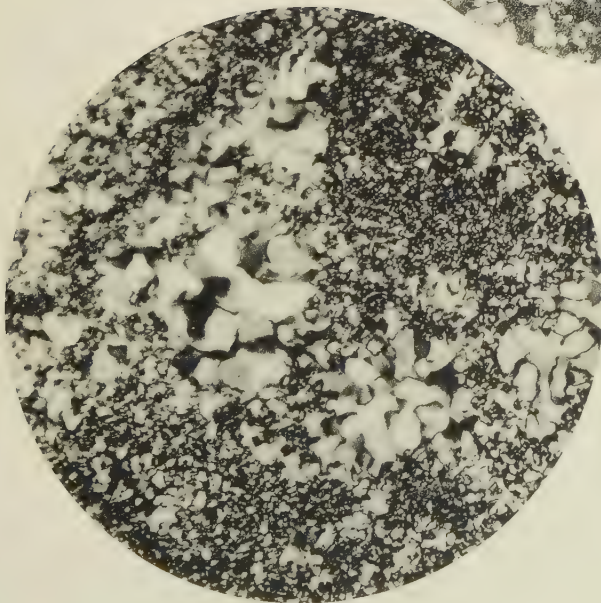


2



3

4



5

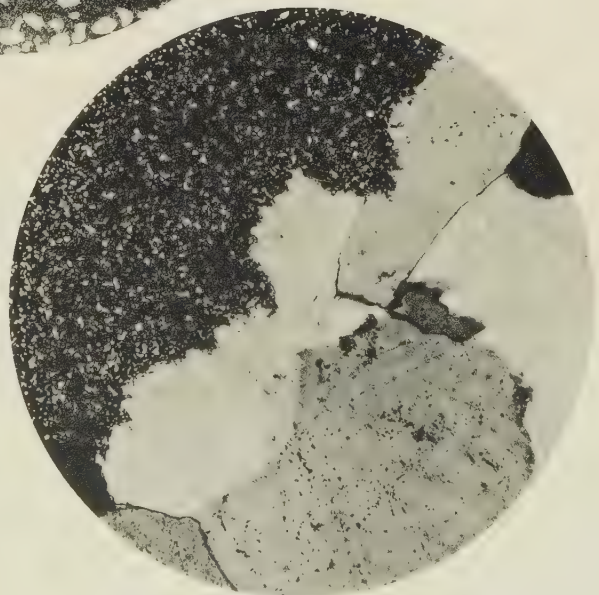


PLANCHE IX

PLANCHE IX

Cambro-Ordovicien

Série de l'Oumat el Ham (3-13)

1. *Conglomérat monogénique à galets de quartz, à matrice de grès quartzeux légèrement calcaire.*

Les éléments du conglomérat sont presque tous en quartz; les grains les plus gros sont fortement usés; le ciment est réduit à un peu de calcite, de glauconie, de chlorite et d'argile. LN, $\times 12$.

Ech. 2175, (3), conglomérat de base de la série de l'Oumat el Ham, Sud de l'Oumat el Ham.

2. *Contact sur le socle granitique précambrien du conglomérat polygénique de base, à galets de granite, à nodules de phosphate et grains de glauconie, de la série de l'Oumat el Ham.*

Les grains de glauconie apparaissent en gris; un nodule de phosphate, gris plus clair, est à droite sous un gros quartz blanc; on observe un gros galet de roche éruptive acide. Le granite du socle (quartz, microcline, oligoclase acide, biotite rare), n'est altéré que sur 1 mm. Noter la surface lisse du contact. Un tel contact n'est qu'exceptionnellement visible au microscope, la roche se cassant toujours au contact. LN, $\times 7$.

Ech. 538, (3), conglomérat de base de la série de l'Oumat el Ham, base du flanc est de la Gara Bouya Ali.

3. *Grès feldspathique quartzeux argileux, conglomératique.*

La structure est massive, non orientée; les grains sont assez grossiers (moy. 750μ) et anguleux; il y a surtout quartz, microcline et muscovite. LP, $\times 13$.

Ech. 2077, (4), grès feldspathiques grossiers, butte témoin au SE de l'Oumat Chaggag.

4. *Grès quartzeux grossier blanc à Scolithes.*

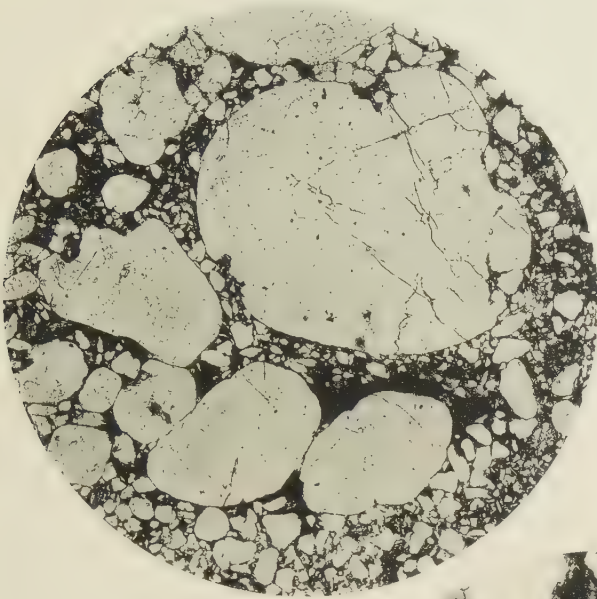
Grains de quartz, et rare microcline, très mal classés; malgré le nourrissage, on voit que les plus gros (jusqu'à $3\,600\mu$) étaient à l'origine très arrondis; le nourrissage est trop faible pour que la roche mérite le nom de grès-quartzite. LP, $\times 13$.

Ech. 2000, (5), grès à Scolithes inférieurs, montagne centre-est de l'Oumat Chaggag.

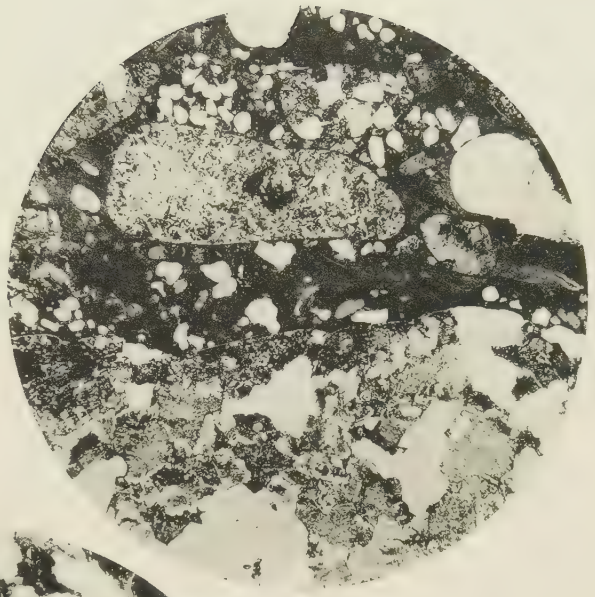
5. *Conglomérat à nodules de phosphate et de grès phosphaté, à matrice de grès-quartzite.*

La matrice du conglomérat est constituée de grains de quartz usés à l'origine, fortement nourris; au centre, un micronodule (diam. 3 mm) de grès phosphaté, dont le ciment est constitué de phosphate brun jaune. LN, $\times 15$.

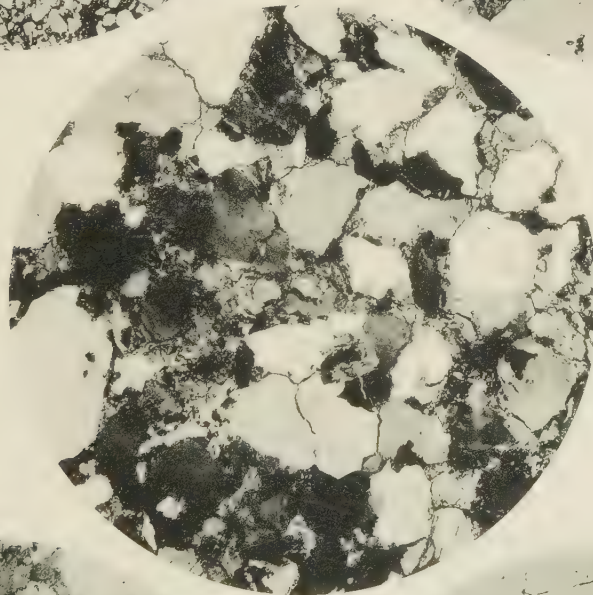
Ech. 2185, (10), conglomérat à la base des grès à Scolithes supérieurs, entre l'Oued Belfaa et l'Oued Ezrayeb.



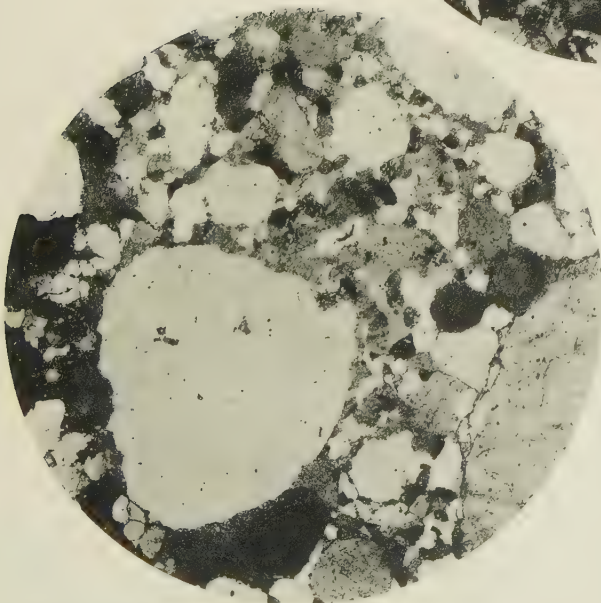
1



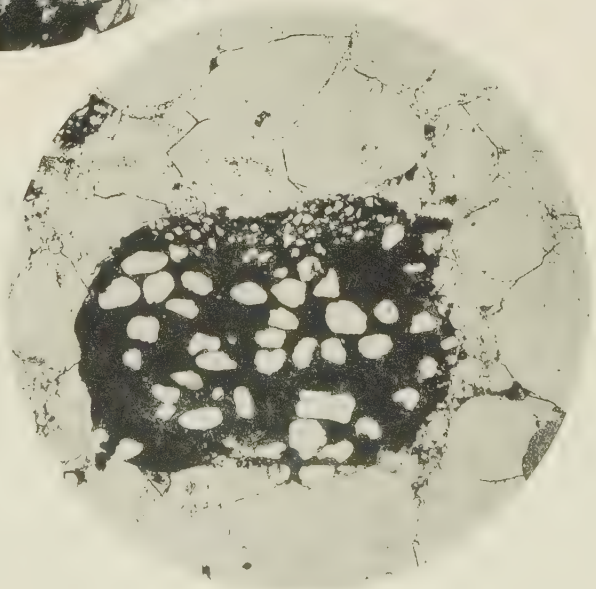
2



3



4



5

PLANCHE X

PLANCHE X

Cambro-Ordovicien

Série de l'Oumat el Ham (3-13) (suite)

1. *Grains authigènes de glauconie* (provenant de la glauconitite de la figure 2).

Les grains ont des diamètres moyens de 500 μ ; remarquer leur forme mamelonnée; les protubérances sont séparées par des sillons plus clairs correspondant au remplissage des fissures des grains par le ciment de la roche; ces grains sont du type « lobé » de la classification de M. A. LIGHT. LN, $\times$ 30.

Ech. 315, (8), pélites micacées à glauconie, Gour Lemdeïlbeh.

2. *Glauconitite.*

La roche comprend quelques clastiques disséminés de quartz (blanc) très usé et de microcline (mou-cheté, à gauche) et de nombreux grains de glauconie (gris) dont beaucoup montrent des sections lobées (remarquer en particulier certains grains de la périphérie); le tout est enrobé dans une pélite fine très micacée; des débris de Lingulidés, visibles sur la préparation, n'apparaissent pas sur la photo. LN, $\times$ 21.

Même échantillon.

3. *Grès argileux, silteux, un peu micacé, schisteux.*

La structure schisteuse n'apparaît pas sur la préparation; grains très mal classés de quartz, dont les plus gros sont très usés; abondantes paillettes de muscovite; ciment cryptocristallin de quartz, de calcédoine et surtout d'illite. LN, $\times$ 18.

Ech. 2188, (12), grès schisteux de l'Oued Ezrayeb; entre l'Oued Ezrayeb et l'Oued Belfaa.

Ordovicien ? ou Gotlandien inférieur ?

Série de Garat el Hamoueïd (13-15)

4. *Conglomérat à matrice de grès-quartzite un peu calcaire, à galets de quartzite et micro-quartzite orientés, de grès phosphaté, de schistes argileux, de grès sériciteux et de granite.*

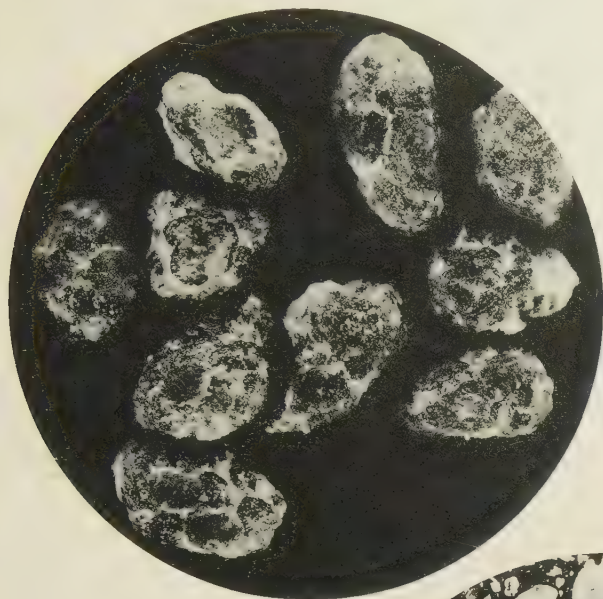
Malgré le nourrissage, on voit bien, en lumière naturelle, la forme originelle très roulée des grains de quartz (au centre) et des galets de quartzite (à droite); à gauche, un petit galet de phosphate où les grains de quartz détritiques, bien calibrés autour de 100 μ et subanguleux, sont irrégulièrement répartis. Le petit grain sombre, à 2 cm au-dessus du centre, est un grain de glauconie. LN, $\times$ 15.

Ech. 2174, (14), conglomérat de base de la série de Garat el Hamoueïd, butte ouest des Garat el Hamoueïd.

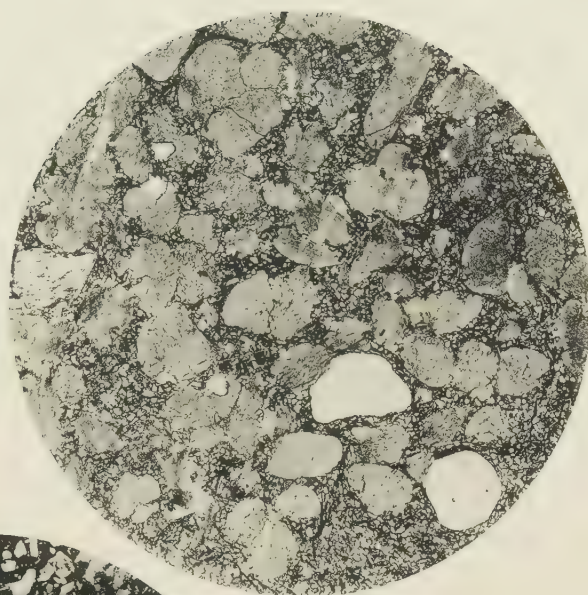
5. *Grès-quartzite à microdébris de pélites vertes et d'argiles.*

Les débris ne sont pas visibles sur la plaque mince; au centre, on remarquera la forme originelle parfaitement usée d'un grain de quartz nourri; le quartz de nourrissage, qui laisse des méats, a la même orientation cristallographique que les grains qu'il entoure. LP, $\times$ 31.

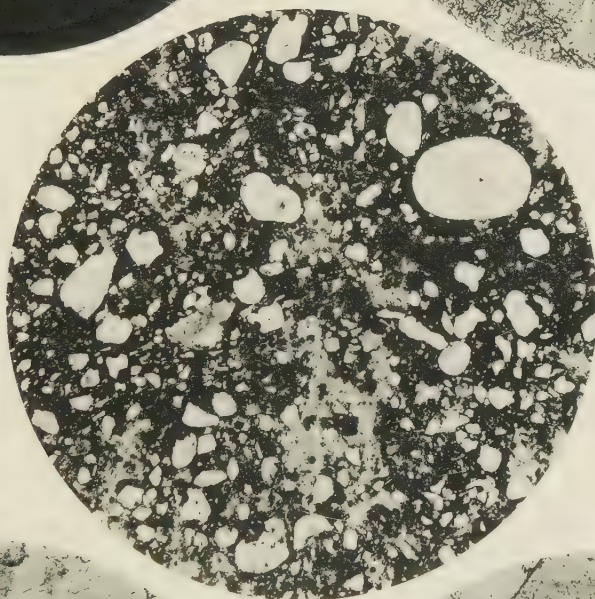
Ech. 2170, (15), grès-quartzites supérieurs, butte ouest des Garat el Hamoueïd.



1

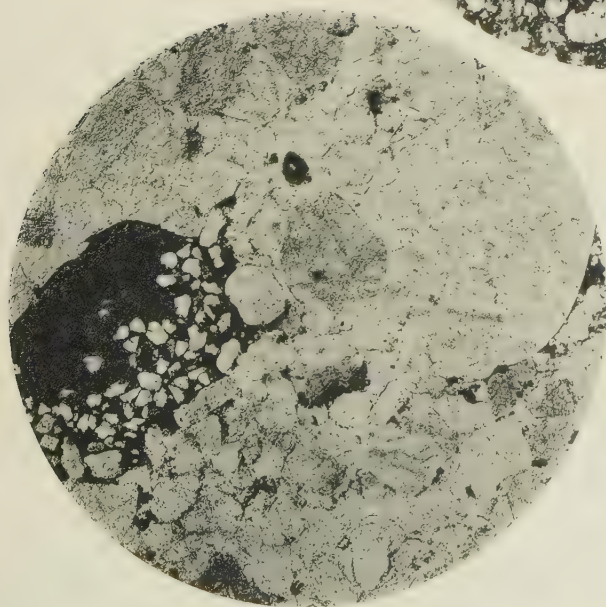


2



3

4



5

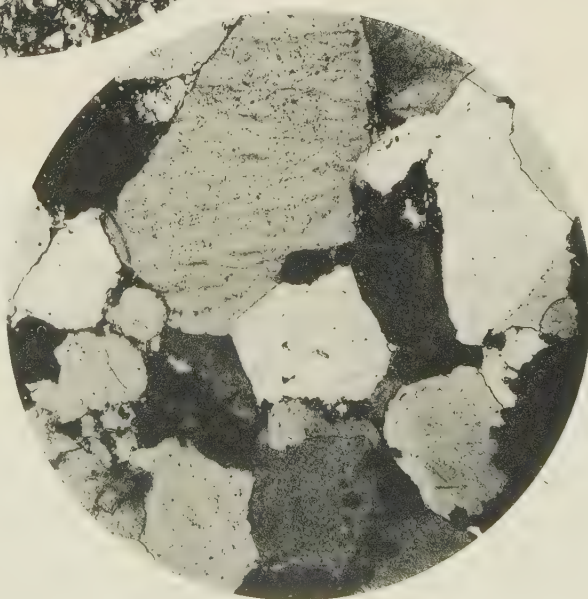


PLANCHE XI

PLANCHE XI

Gotlandien

Faciès calcaires (18 et 21)

1. *Calcaire noir un peu charbonneux à Monograptus priodon (section transversale du rhabdosome).*

Le calcaire est surtout composé de débris d'Ostracodes réunis par un ciment microcristallin de calcite, avec un peu d'argile. Les Graptolites sont conservés en relief, le rhabdosome est rempli de calcite bien cristallisée. La « loge » inférieure correspond à l'axe du rhabdosome, la « loge » supérieure à une thèque coupée près de sa base. La paroi charbonneuse correspond à la « couche noire » de Perner. LN, $\times 27$.

Ech. 419A, (18), calcaires à *Monograptus priodon* (Wenlock), 1,5 km SE d'Aguel el Fiadh.

2. *Ibidem (sections longitudinales de plusieurs rhabdosomes).*

Les rhabdosomes ont une orientation commune, ce qui semble indiquer un courant dans le milieu de sédimentation. A l'intérieur des théques, la calcite est plus largement cristallisée (200 μ), mais devient impure en bordure des parois. Aucun clastique minéral. LN, $\times 7,5$.

Ech. 320A, (18), même niveau, tête de l'Oued el Fiadh, 5 km Nord des Gour Lemdeïlbeh.

3. *Calcaire gris foncé à Rhynchonelles.*

Texture microcristalline très fine (les cristaux de calcite ont environ 15 μ); très nombreux débris de Brachiopodes (Rhynchonelles) à test mince. Un filonnet de calcite secondaire recoupe la roche. LN, $\times 6$.

Ech. 320B, (18), même niveau, même localité.

4. *Calcaire gris à Orthocères et Brachiopodes.*

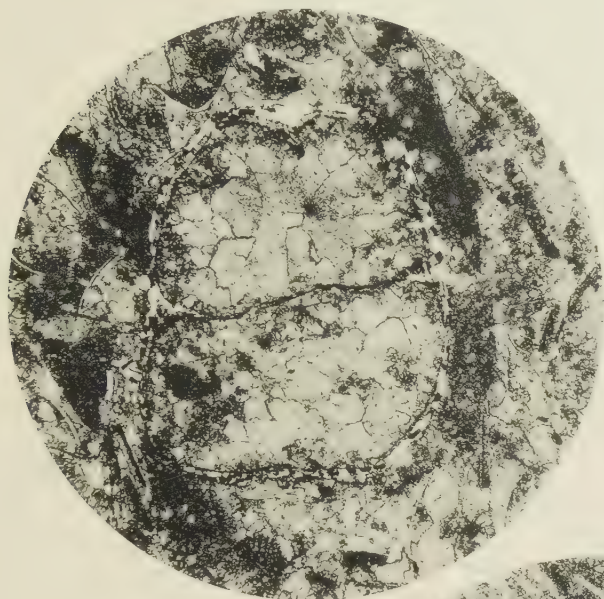
Noter l'abondance des débris d'Orthocères. Les tests sont en calcite recristallisée; à gauche, section longitudinale, à droite sections transversales remplies par de la calcite pure largement cristallisée. Aucun clastique minéral. LN, $\times 7,5$.

Ech. 421, (18), même niveau, falaise au Nord de l'Oued Leglaga, à 7 km au Nord de Gara Foug Gara.

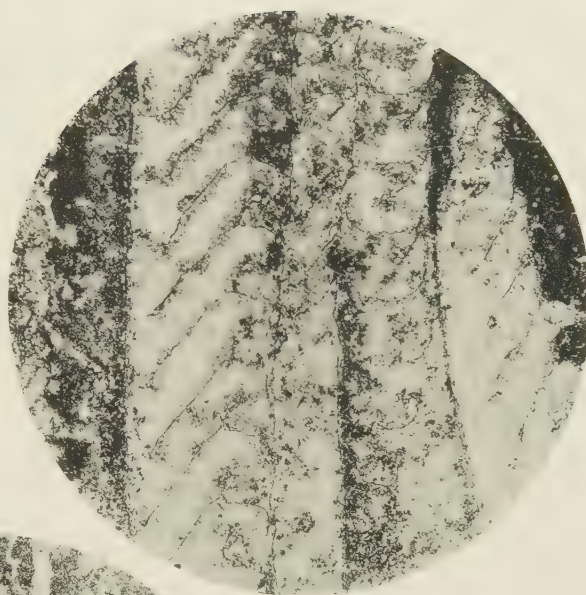
5. *Encrinite à Scyphocrinus elegans.*

La roche est presque uniquement composée par des débris de ce Crinoïde en calcite monocristalline. Sur les deux articles de droite, on remarque les stries rayonnantes qui correspondent aux articulations. Pas de clastique minéral. LN, $\times 7$.

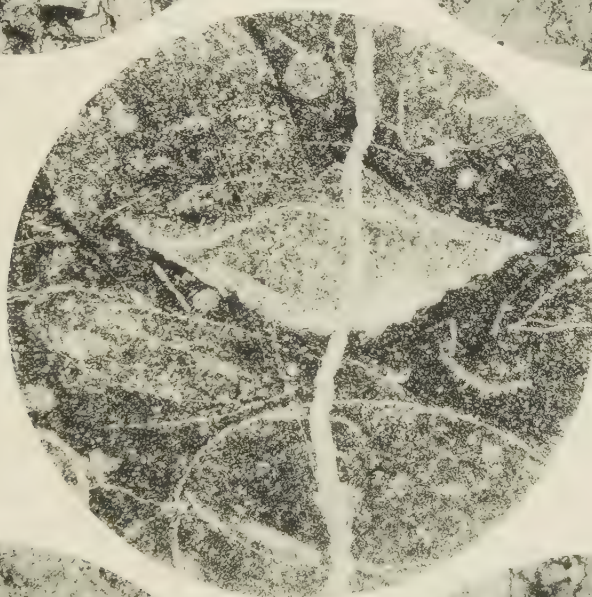
Ech. 344, (21), encrinites à *S. elegans*, 1,6 km Est d'Aguel el Fiadh.



1

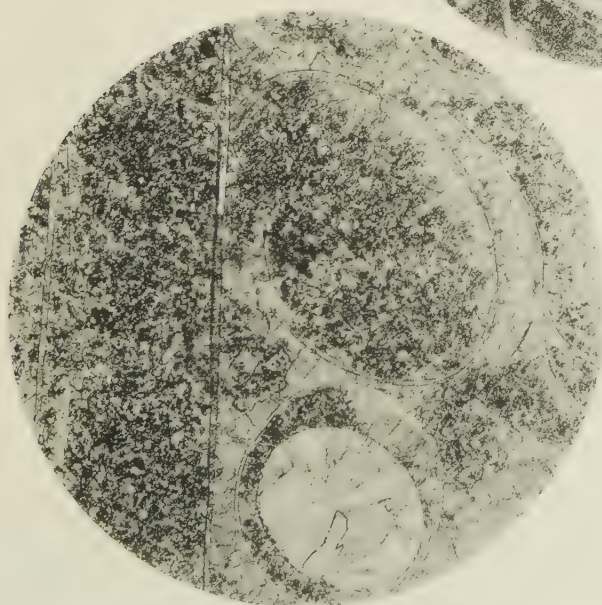


2



3

4



5

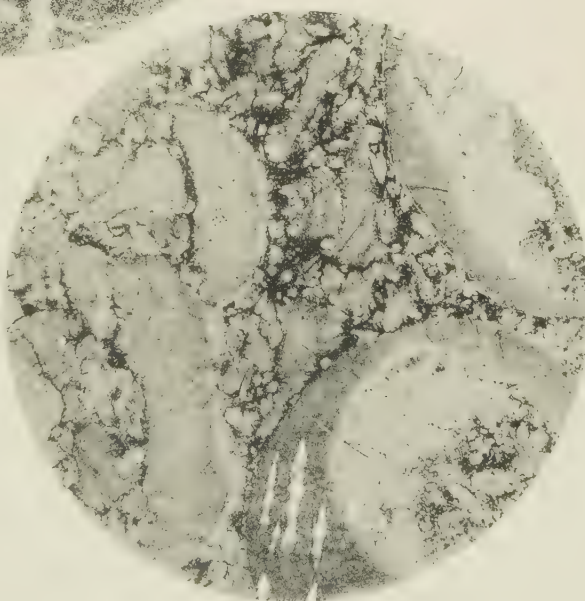


PLANCHE XII

PLANCHE XII

Gotlandien**Faciès schisteux (24)**

1. *Schiste argileux un peu silteux, noir, à traînées charbonneuses.*

On remarquera la disposition de la matière charbonneuse en traînées discontinues très caractéristiques du niveau. LN, $\times$ 35.

Ech. 553, (24), schistes argileux à *Avicula glabra*, Oudeï Sekkoum à 12 km Ouest de Gara Bouya Ali.

Zone de passage du Gotlandien au Dévonien**Calcaires gréso-silteux de la Kédia Leglaga (25)**

2. *Calcaire silteux à fins débris de fossiles, à Ostracodes et micro-organisme à deux loges.*

Noter l'orientation des paillettes de muscovite et même du quartz, et la finesse des débris de tests. La préparation montre deux sections d'un « micro-organisme à deux loges » très caractéristique du niveau (voir aussi Pl. XXXI, fig. 1). C'est un calcaire allochtone. LN, $\times$ 61.

Ech. 331, (25), calcaires gréso-silteux de la Kédia Leglaga, 400 m Est d'Aguelt el Fiadh.

Gedinnien

3. *Calcaire dolomitique lumachellique légèrement silteux.*

La roche est constituée par d'abondants débris de toutes tailles, non roulés et non orientés, de Trilobites (en haut, à droite), Crinoïdes (au centre, à droite), Orthocères (au centre, à gauche), Brachiopodes, etc., et par quelques fins silts de quartz, le tout lié par un ciment de calcite hétérogranulaire (30 à 150 μ), de goethite et d'argile. C'est un calcaire autochtone. LN, $\times$ 21.

Ech. 554, (27), premier banc des marno-calcaires à *Acastella tiro*, Oudeï Sekkoum entre Gara Bouya Ali et Aguelt Nebka.

Siegenien inférieur

4. *Poudingue à nodules noirs de grès et siltstones phosphatés, lumachellique, et à ciment ferrugineux calcaire.*

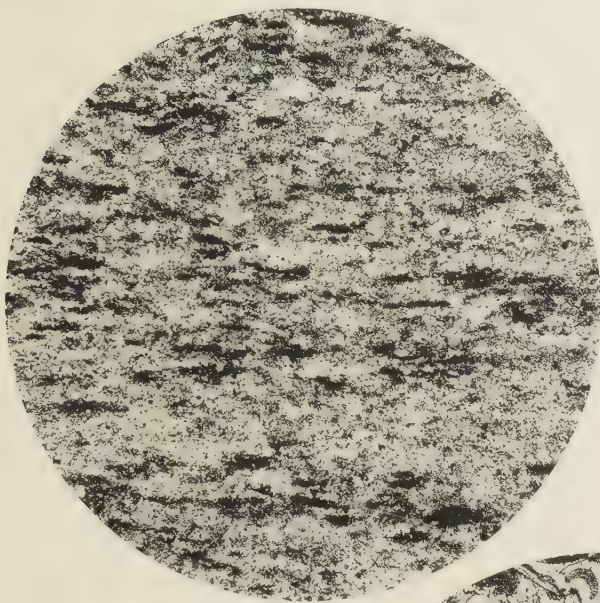
Ciment homogène de petits granules d'hématite et de calcite microcristalline. En bas, on voit une portion d'un nodule de phosphate silteux. Un débris de test de Brachiopode pénètre dans le nodule en repoussant les silts de quartz. Ceci montre que le nodule s'est déposé avant d'être complètement solidifié. LN, $\times$ 31.

Ech. 570, (32), lumachelles de Brachiopodes à nodules phosphatés, Oudeï Sekkoum à 7 km NE de Khang Lejouad.

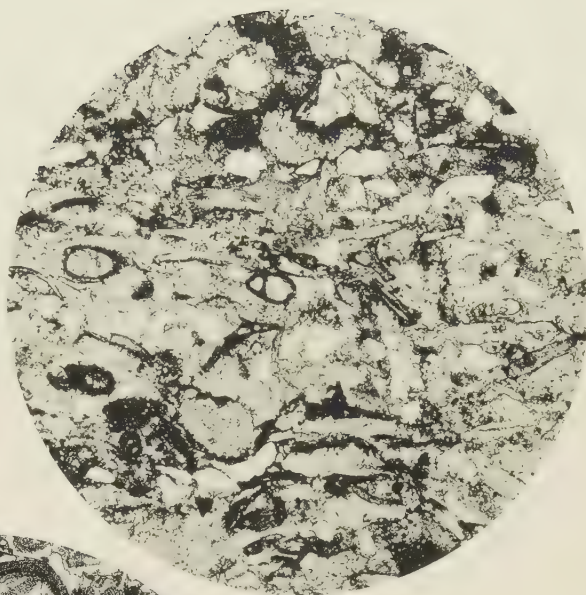
5. *Calcaire lumachellique silteux, ferrugineux, à nodules de siltstones phosphatés.*

En bas, portion d'un nodule de siltstone phosphaté (noter le bon classement du quartz et le bord parfaitement lisse du nodule). Débris abondants, orientés, de Trilobites, Brachiopodes, Crinoïdes, Ostracodes, envahis en bordure par de l'hématite. Ciment de calcite, goethite et hématite. LN, $\times$ 12.

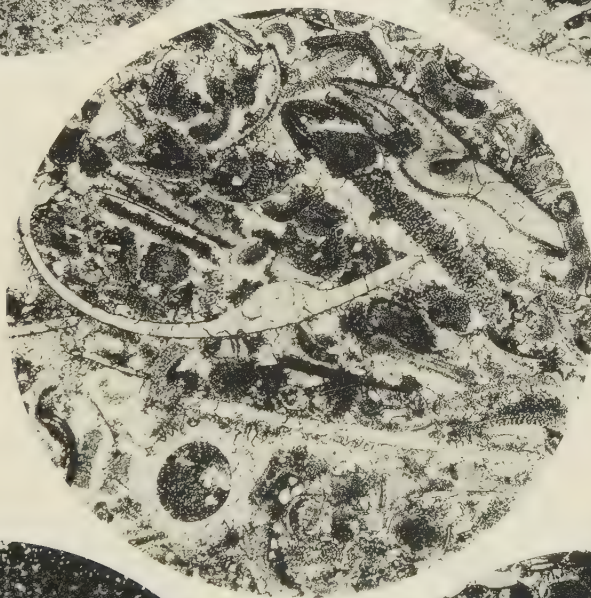
Ech. 568, (32), même niveau, même localité.



1

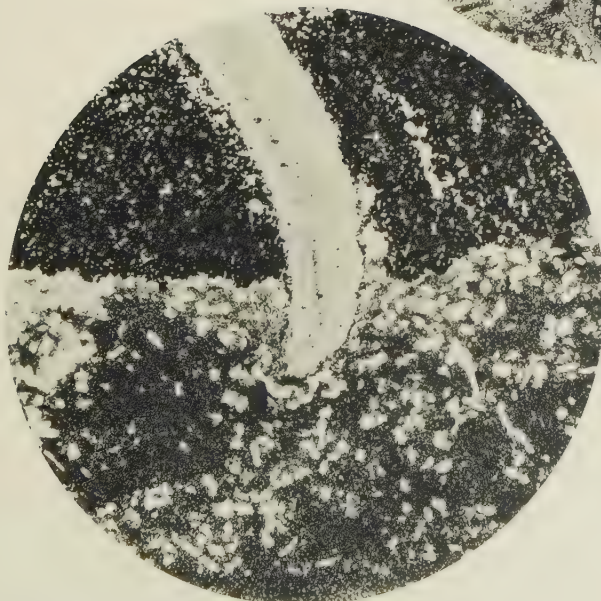


2



3

4



5



PLANCHE XIII

PLANCHE XIII

Siegenien inférieur

Calcaires lumachelliques de la zone à *Uncinulus œhlerti* (33-43)

1. Grès calcaire fin, poecilithique, lumachellique.

Quartz bien classé autour de 100 μ , un peu usé. Débris épars de Brachiopodes (au milieu), de Crinoïdes (en haut, à gauche), d'Ostracodes et de Tentaculites. Ciment de calcite poecilithique. Noter que le quartz déposé dans un tube de Tentaculite permet d'orienter la roche. LN, $\times$ 25.

Ech. 326, (34), dalle lumachellique gréseuse sous la dalle d'Iouineght, 5,2 km Est d'Aguelt Tighirt.

2. Calcaire dolomitique lumachellique cristallin légèrement gréseux à Bryozoaires.

Très abondants débris roulés de Brachiopodes (en bas), de Crinoïdes (au centre) et de Bryozoaires (en haut); quelques petits grains de quartz (30 à 120 μ). Noter le nourrissage des débris de Crinoïdes en calcite monocristalline. Ciment de carbonate largement cristallisé. LN, $\times$ 21.

Ech. 338, (35), dalle bleu ciel d'Iouineght, 3,2 km Sud de Khang Lejouad.

3. Calcaire lumachellique cristallin à Bryozoaires.

Structure massive. Débris roulés de Brachiopodes, Crinoïdes (à droite), Bryozoaires (au centre) et Ostracodes. Les grains de quartz, anguleux, sont prisonniers dans les loges des Bryozoaires. Ciment de calcite bien cristallisée avec goethite. LN, $\times$ 26.

Ech. 379BA, (35), même niveau, 800 m NNE d'Aguelt Iouineght.

4. Calcaire à entroques cristallin (encrinite).

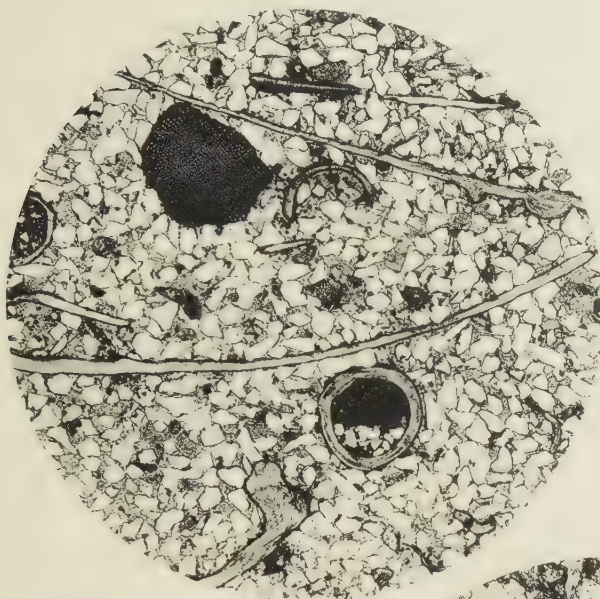
Structure massive. Rare quartz détritique. La roche est constituée essentiellement de débris de Crinoïdes en calcite monocristalline. Noter le nourrissage par de la calcite de même orientation cristallographique. Ciment de calcite hétérogranulaire. Cette roche est un calcaire très pur (4 % d'insolubles). LP, $\times$ 21.

Ech. 21537, (38), dalle d'encrinite à petits Brachiopodes, Est de Tighirt.

5. Calcaire microcristallin à Orthocères.

Les fins débris de tests de la vase calcaire se sont déposés au fond d'un Orthocère. Le haut de l'Orthocère est rempli par un sédiment calcaire beaucoup plus fin. LN, $\times$ 7.

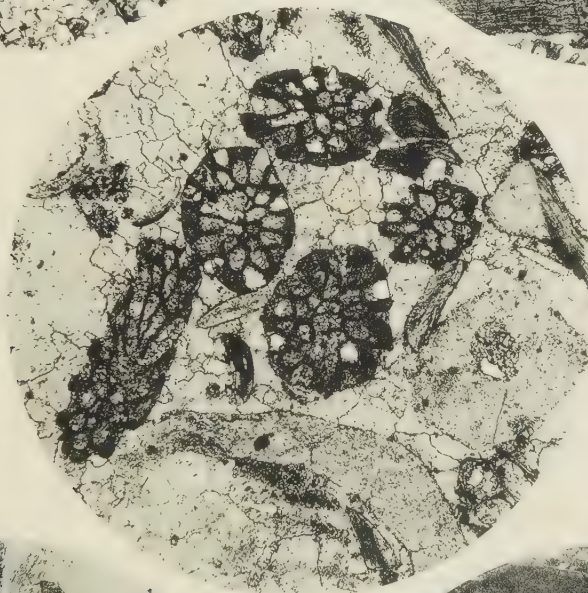
Ech. 382A, (40), dalle calcaire à Orthocères, à mi-chemin entre Aguelt Oudiate el Khyam et Aguelt Iouineght.



1

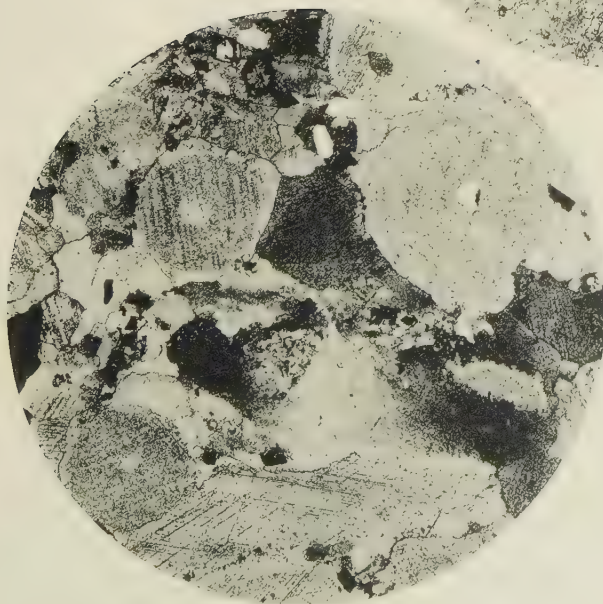


2



3

4



5



PLANCHE XIV

PLANCHE XIV

*Siegenien*1. *Lumachelle ferrugineuse.*

Débris orientés, classés, très roulés, de Brachiopodes, Trilobites, Crinoïdes, Bryozoaires, Tentaculites et Ostracodes. Nodules de grès fin phosphaté non visibles sur la photographie. Quelques quartz détritiques, dans les loges de Bryozoaires seulement. Ciment de goethite envahissant la calcite. LN, $\times 8$.

Ech. 339, (42 ?), niveau ferrugineux, 1,5 km au Sud de Khang Lejouad.

2. *Calcaire lumachellique hématitisé.*

Débris stratifiés, un peu classés, roulés, de Brachiopodes dont des Spirifers (au centre), de Crinoïdes, de Trilobites, de Bryozoaires, etc. Ciment d'hématite envahissant, remplaçant la calcite par places. Les débris de Crinoïdes sont épigénisés en hématite. LN, $\times 25$.

Ech. 374, (44), dalle rousse de Bir Aïdiate à *Sp. rousseaui*, falaise à 5,8 km au NW de Bir Oumat el Ham.

3. *Minerai de fer oolithique.*

Oolithes de chamosite ovoïdes (300 μ), certaines déchiquetées, avec ou sans nucléus de quartz. Ciment hétérogène (argile, chamosite, quartz cryptocristallin) envahi par de la goethite abondante. LN, $\times 25$.

Ech. 583, (42), niveau ferrugineux oolithique, 4 km NE de Khang Lejouad.

4. *Calcaire ferrugineux à oolithes de chamosite.*

Oolithes de chamosite sans nucléus. Nombreux petits débris plus ou moins recristallisés de Brachiopodes, Crinoïdes, Trilobites et Ostracodes. Ciment de calcite hétérogranulaire et, localement, d'hématite. LN, $\times 31$.

Ech. 21.652, (42), même niveau, Est de Tighirt.

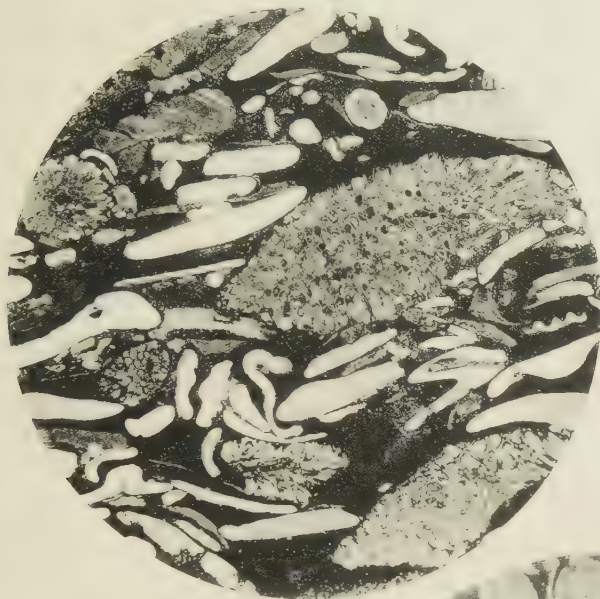
5. *Calcaire lumachellique hématitique.*

Débris roulés de Brachiopodes, Crinoïdes, Trilobites et, en dehors du champ, d'Ostracodes, Tentaculites et Bryozoaires. Certains débris sont épigénisés sur leur bordure par de l'hématite. Ciment de calcite largement recristallisée. LN, $\times 23$.

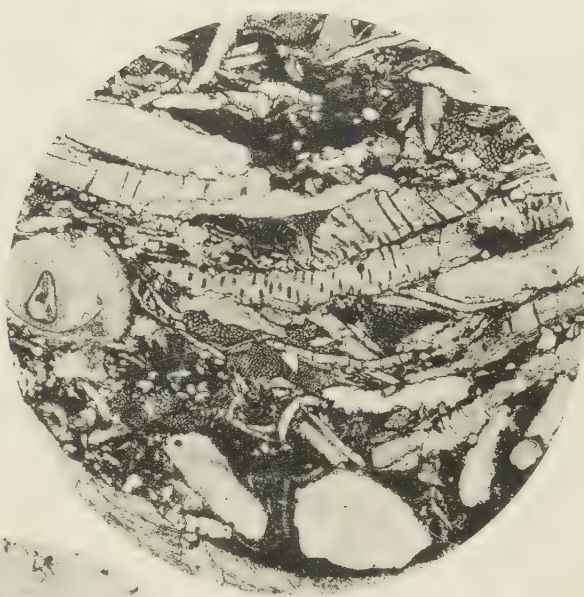
Ech. 392, (44), dalle rousse de Bir Aïdiate à *Sp. rousseaui*, falaise à 4 km ESE d'Aguelt Tighirt.

6. *Ibidem.*

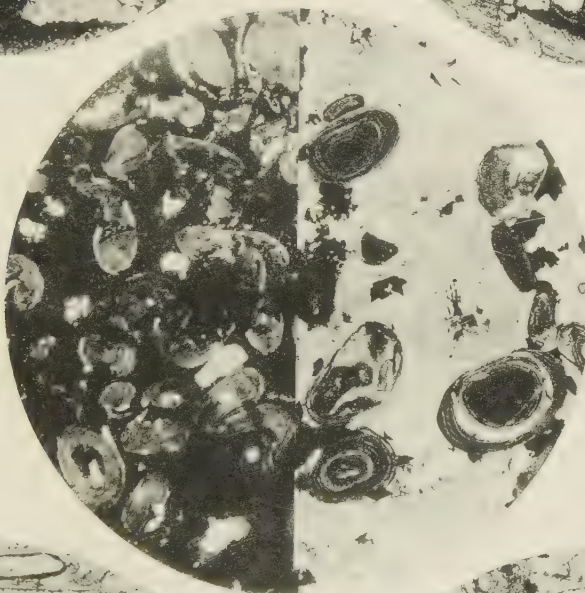
Noter, en lumière polarisée, l'extinction caractéristique des fibres du segment de Trilobite, perpendiculairement à sa surface. LP, $\times 23$.



1



2



3

4

5

6

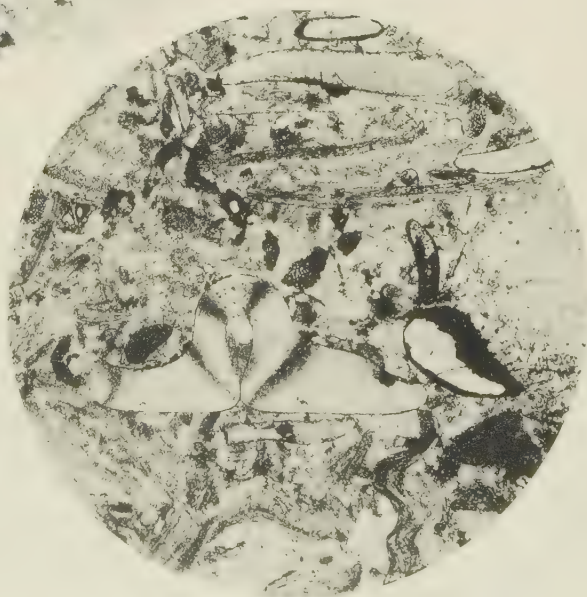
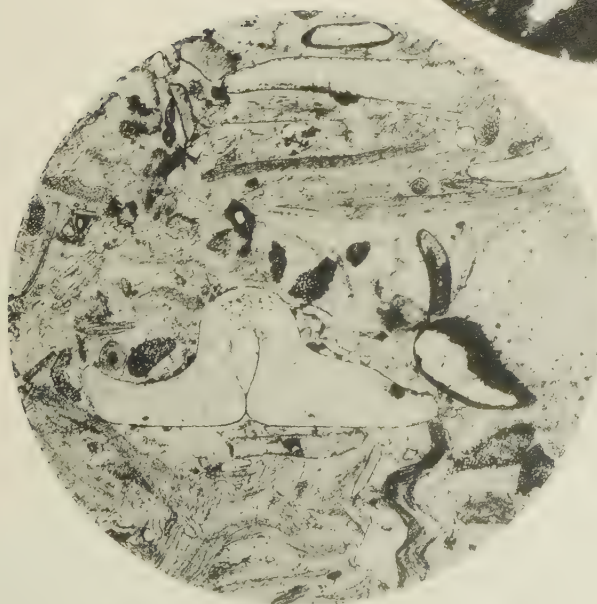


PLANCHE XV

PLANCHE XV

*Siegenien supérieur*1. *Calcaire lumachellique finement gréseux et ferrugineux.*

Nombreux débris mal classés, de Trilobites (vers le haut, section transversale d'un segment), de Brachiopodes, Crinoïdes, Ostracodes, etc. Quartz détritique assez mal calibré entre 15 et 180 μ . Les débris lourds se déposent au-dessus des coquilles, la matière ferrugineuse du ciment au-dessous, ce qui permet de déterminer en lame mince le sens de la sédimentation. LN, $\times$ 12.

Ech. 586, (46), calcaire gréseux lumachellique à *A. rousseaui* et *C. trigeri*, Dalaa Asraoul à 2 km au NE de Khang Lejouad.

2. *Grès calcaire micacé fin poecilithique.*

Petits grains de quartz bien calibrés autour de 80 μ , dont certains sont usés. Débris de Brachiopodes, de Crinoïdes et d'Ostracodes. Ciment de calcite largement cristallisée. LN, $\times$ 42.

Ech. 341 A, (47), base des grès à *Chonetes*, falaise à 1,5 km au Sud de Khang Lejouad.

3. *Calcaire magnésien lumachellique fortement gréseux poecilithique à Schuchertella.*

Grains de quartz abondants, subanguleux à arrondis, de 100 μ en moyenne; grands débris de *Schuchertella* en calcite lamellaire ondulée; ciment de calcite poecilithique avec un peu de goethite. LN, $\times$ 21.

Ech. 21.754, (52), lumachelle à *Schuchertella*, NW de Bir Aïdiat.

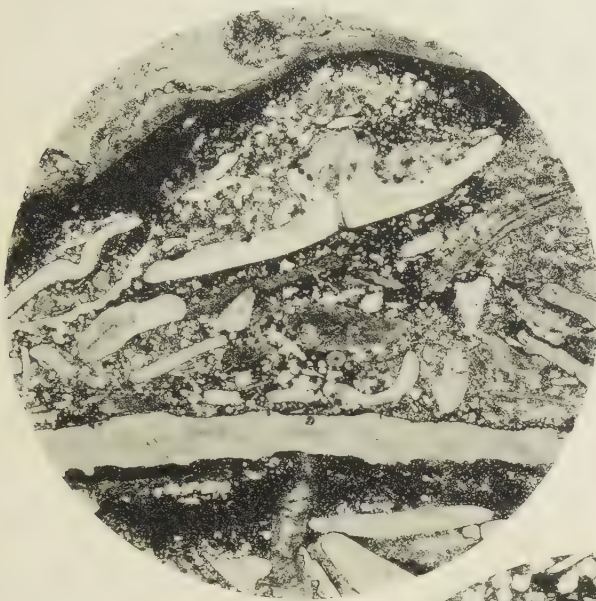
4. *Grès calcaire ferrugineux lumachellique à oolithes de chamosite.*

Grains de quartz (130 μ de moyenne) non jointifs; débris roulés de Brachiopodes, Trilobites, Crinoïdes, Bryozoaires, Ostracodes, etc. Ciment de calcite et de goethite. LN, $\times$ 7.

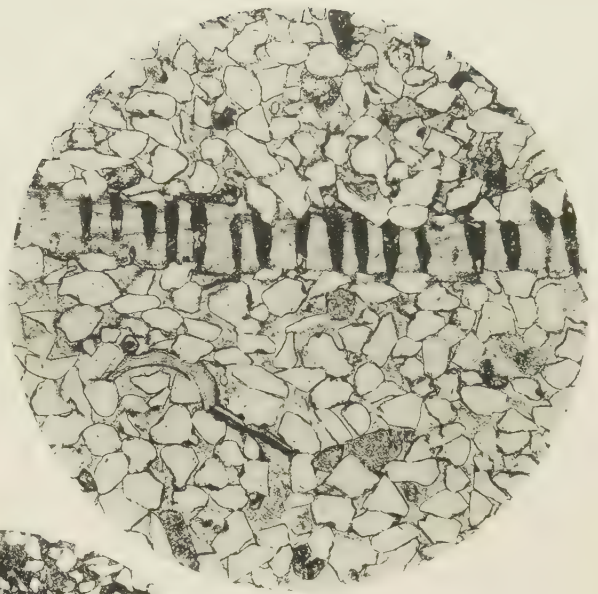
Ech. 388 bis, (55), lumachelle à concrétions ferrugineuses à *A. fallax*, 2,3 km Est d'Aguel Tighirt.

5. *Ibidem.*

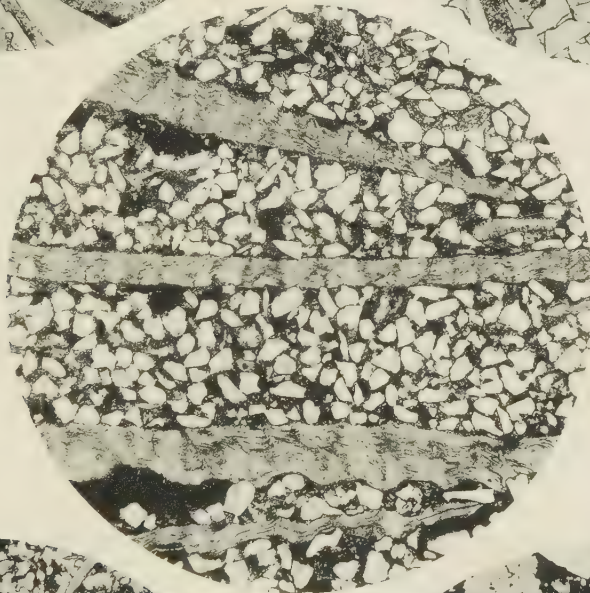
Noter l'usure de certains quartz, les oolithes de chamosite, l'envahissement du débris de Crinoïde (en haut à droite) et du ciment de calcite par de la goethite. LN, $\times$ 83.



1

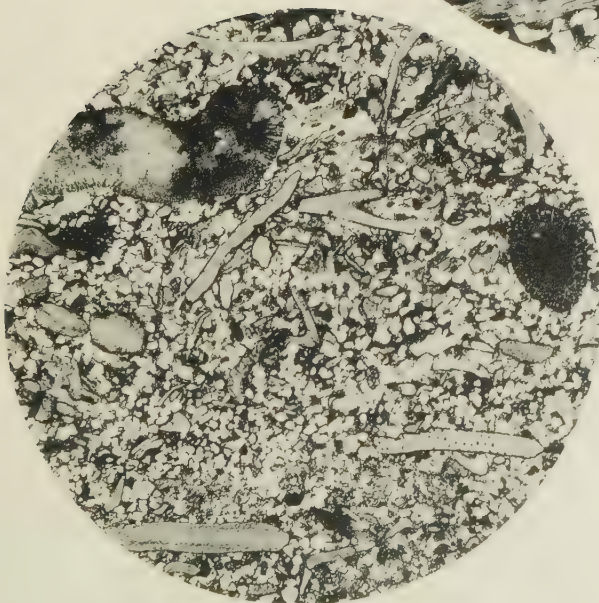


2



3

4



5

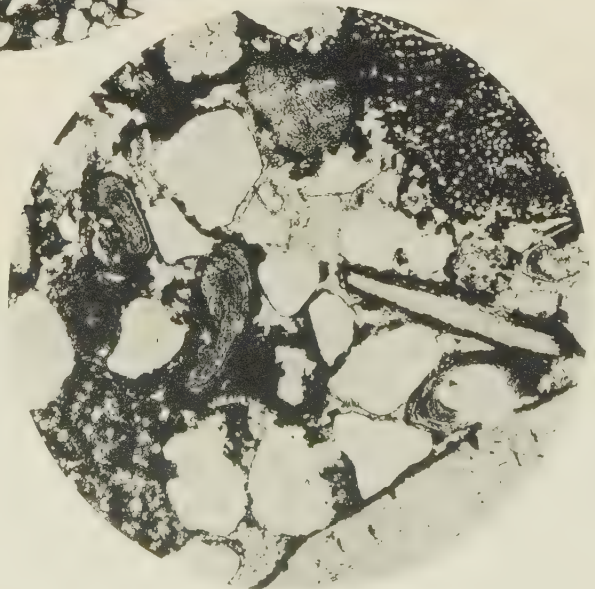


PLANCHE XVI

PLANCHE XVI

Siegenien supérieur
Lumachelles (52-60)

1. *Grès fin calcaire et chloriteux lumachellique.*

Quartz détritique bien calibré autour de 100 μ ; débris de tests déchiquetés, ni roulés ni classés: en haut, section d'un segment de Trilobite, et en bas de Brachiopode; à droite, débris de Crinoïdes, ciment de calcite et de chlorite. LN, $\times 7$.

Ech. 588, (56), zone des Monstres à *A. primaevus*, 2 km Nord de Khang Lejouad.

2. *Grès calcaire fin lumachellique.*

Grains de quartz bien calibrés autour de 115 μ , à peine jointifs. Noter la structure lamellaire du grand débris de Brachiopode. Ciment de calcite poecilithique, largement cristallisée, avec un peu de goethite. LN, $\times 21$.

Ech. 384 D, (56), même niveau, 1,7 km ESE d'Agueli Oudiate el Khyam.

3. *Calcaire lumachellique à oolithes de chamosite remplacées par de la calcite.*

Débris de tests variés et ciment de calcite bien cristallisée. Dans l'oolithe du haut, la chamosite en couches concentriques est partiellement remplacée par de la calcite limpide monocristalline. Dans celle du bas, la substitution est presque totale. LN, $\times 140$.

Ech. 21658, (52 ?), lumachelles à *A. undata*, Est de Tighirt.

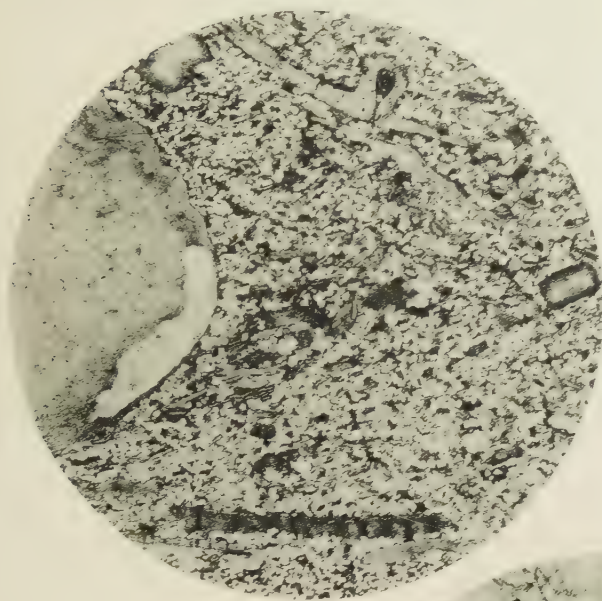
4. *Calcaire lumachellique légèrement gréseux et ferrugineux.*

Débris très roulés, de Brachiopodes très abondants, de Trilobites et Bryozoaires; quartz disséminé; ciment de calcite microcristalline et d'hématite. Certains débris sont enrobés d'une fine pellicule de chamosite. LN, $\times 21$.

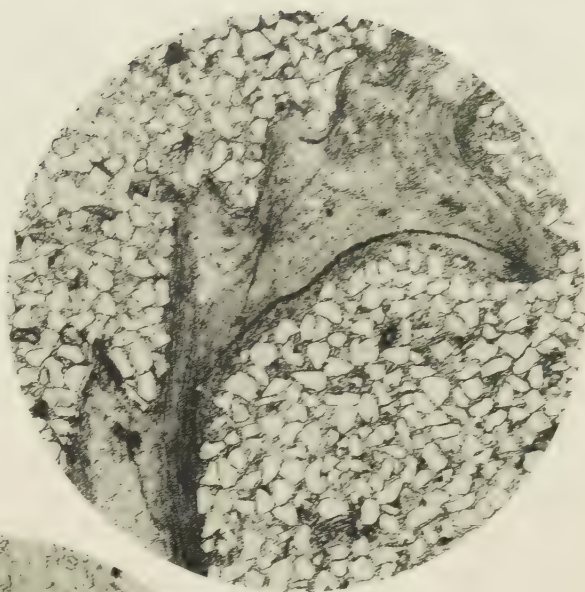
Ech. 21660, (57), première lumachelle au-dessus de la zone des Monstres, Est de Tighirt.

5. *Détail de la même préparation.*

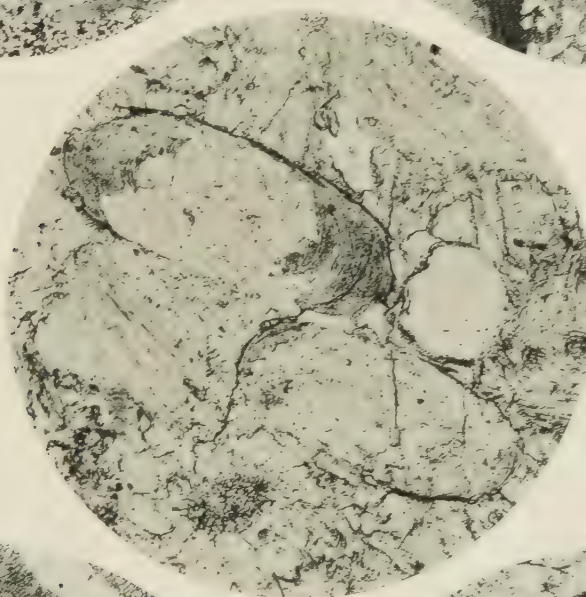
Les débris (celui du centre provient d'un Brachiopode) sont très roulés et enrobés d'une fine pellicule de chamosite, qui peut être plus ou moins décollée de son support. On peut considérer qu'il s'agit là du terme limite d'une oolithe, à nucléus énorme et enveloppe réduite. Dans la même roche, on observe des stades intermédiaires avec les oolithes normales. LN, $\times 65$.



1

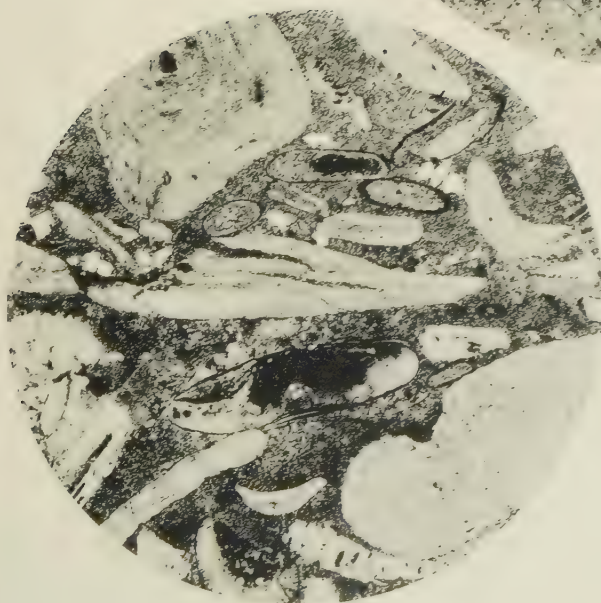


2



3

4



5



PLANCHE XVII

PLANCHE XVII

Emsien ?

Niveau à nodules phosphatés (61)

1. *Conglomérat à nodules noirs phosphatés, à gangue ankéritique.*

Nodules à surface parfaitement lisse; en haut, un nodule de grès fin phosphaté, constitué de quartz bien classé autour de 100 μ , dans un ciment de phosphate avec un peu de calcite et de goethite; en bas, nodule de phosphate gréseux; à gauche, nodule de phosphate. Quartz détritique mal classé et de degré d'usure variable. Rares débris d'Ostracodes. Ciment hétérogène d'ankérite, de calcite, de phosphate et de goethite. LN, $\times 6$.

Ech. 21663, (61), niveau à nodules phosphatés, Est de Tighirt.

2. *Conglomérat calcaire à nodules phosphatés.*

Nodules de phosphate, certains très finement pélitiques. Dans le grand débris phosphaté de droite, la surface d'usure recoupe les plans de stratification, il s'agit donc d'un galet remaniant une roche déjà conso-lidée. Nombreux Ostracodes à peine visibles à ce faible grossissement. Quartz détritique mal classé, de 30 à 600 μ , subanguleux à arrondi. Ciment de calcite et de goethite. LN, $\times 6$.

Ech. 2015, (61), même niveau, falaise à 1,5 km au NNW de Bir Aïdiat.

3. *Grès phosphaté calcaire, à oolithes de chamosite phosphatisées (détail d'un nodule).*

Grains presque jointifs, plus ou moins roulés, de quartz et de rare plagioclase (à droite). Oolithes de chamosite, parfois à nucléus de quartz (en haut, à gauche), dont certaines comportent, surtout à la périphé-rie, des couches plus claires de phosphate. Ciment par place de calcite, par place de phosphate. LN, $\times 54$.

Ech. 21757, (61), même niveau, même localité.

4. *Phosphate oolithique gréseux ferrugineux (détail d'un nodule).*

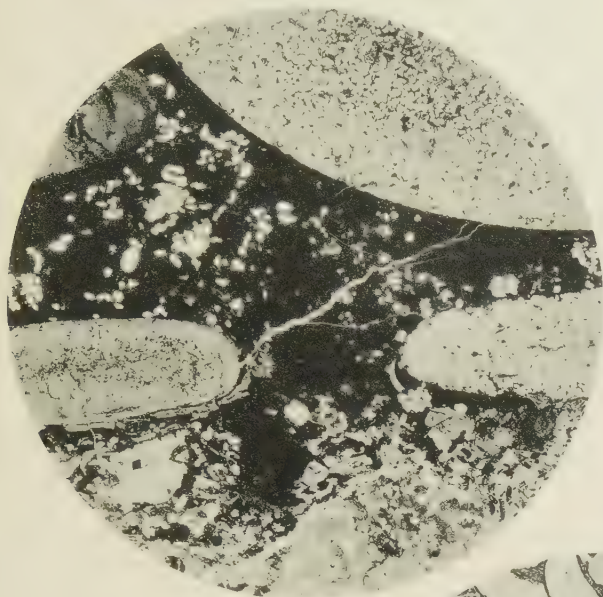
Grains de quartz disséminés et mal classés (30 à 400 μ). Oolithes de phosphate et de goethite (proba-blement dues à des phénomènes de remplacement à partir d'oolithes de chamosite). Fond de phosphate jaune (gris sur la photo) et de goethite. LN, $\times 36$.

Ech. 21596, (61), même niveau, Khang Lejouad.

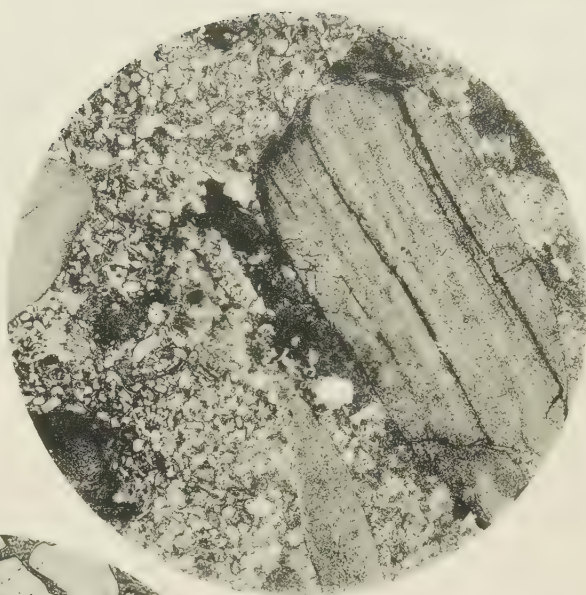
Lumachelle des Oudeï Askaf à *Acrospirifer paradoxus-pellico* (66)5. *Calcaire lumachellique ferrugineux.*

Pas de clastiques minéraux. Débris organiques non classés, de toutes tailles, de Brachiopodes, Trilobites, Ostracodes et Crinoïdes, certains entiers, d'autres sous forme de fine mouture. Le Brachiopode du centre de la photo est rempli par de la calcite très pure et bien cristallisée. Ciment de calcite hétérogranulaire, envahi par des granulations secondaires de goethite s'agglomérant par endroits en véritables concrétions. LN, $\times 14$.

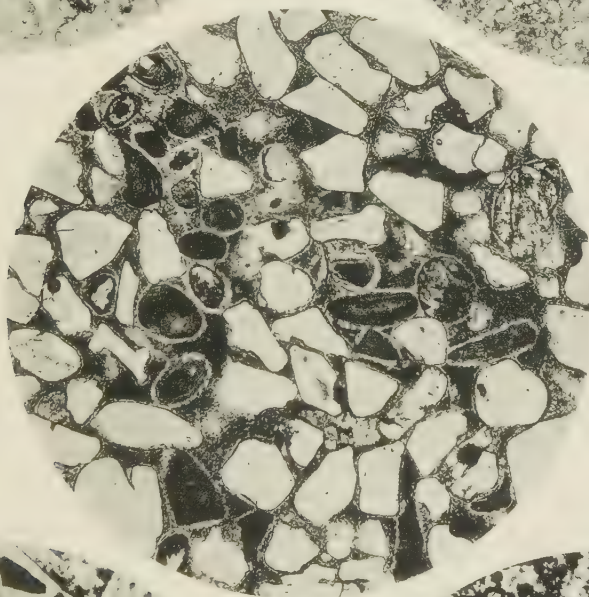
Ech. 2101, (66), lumachelle des Oudeï Askaf, Sud de Bir Aïdiat.



1

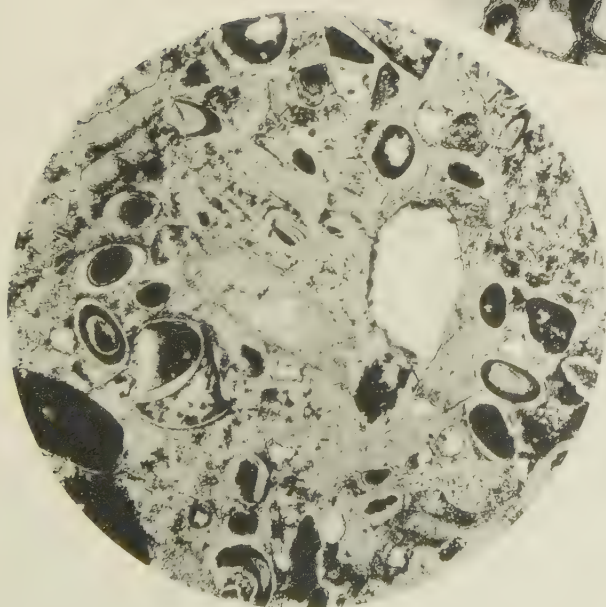


2



3

4



5

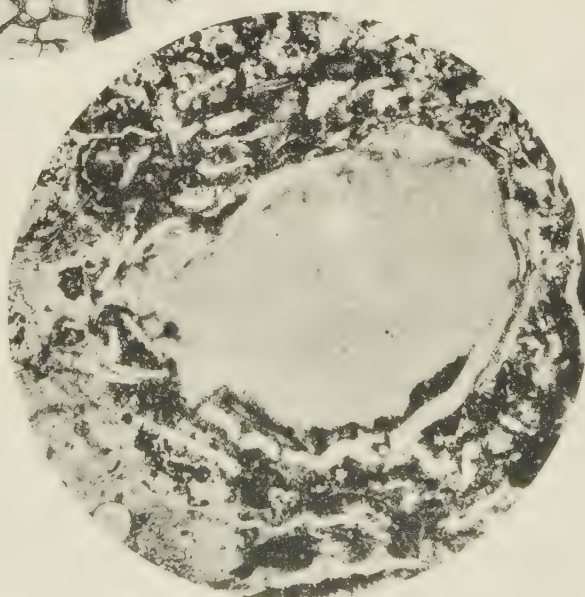


PLANCHE XVIII

PLANCHE XVIII

Couvinien inférieur

Conglomérats à nodules phosphatés et Grès de Tighirt (67-76)

1. *Grès quartzeux grossier un peu calcaire et ferrugineux.*

Grains de quartz, arrondis, parfaitement usés (moyenne 650 μ), non jointifs. En haut à droite, un micro-galet de pélite micacée, dans lequel, au milieu du phosphate sombre, se distinguent de fins grains de quartz et des paillettes de muscovite. Fond constitué par un grès fin calcaire et ferrugineux. Grès à double granulométrie. LN, $\times 21$.

Ech. 2017, (70), mince niveau de grès grossier sous les conglomérats phosphatés, falaise à 1,5 km au NNW de Bir Aidiata.

2. *Conglomérat ankéritique et un peu ferrugineux à nodules de phosphate silteux (détail).*

En haut, à gauche, on distingue le bord d'un nodule de phosphate silteux (quartz anguleux de 50 μ). Un grain de phosphate parfaitement lisse semble comprimé entre deux grains de quartz bien roulés, de type éolien. Fond d'ankérite en cristaux souvent automorphes, et d'oxydes de fer. LN, $\times 37$.

Ech. 2018, (71), premier conglomérat à nodules phosphatés, même localité.

3. *Conglomérat ankéritique à grains de quartz roulés et à nodules phosphatés.*

Noter la forme parfaitement lisse des grains de quartz (1 mm), et des nodules de phosphate. Ces nodules sont constitués de phosphate (gris sur la photo) et d'une phase clastique (quartz, mica) très fine, qui se distingue notamment sur le nodule de gauche. Ciment d'ankérite. LN, $\times 12$.

Ech. 2019, (73), deuxième conglomérat à nodules phosphatés, même localité.

4. *Remplacement du quartz d'un grain éolien par de la calcite secondaire.*

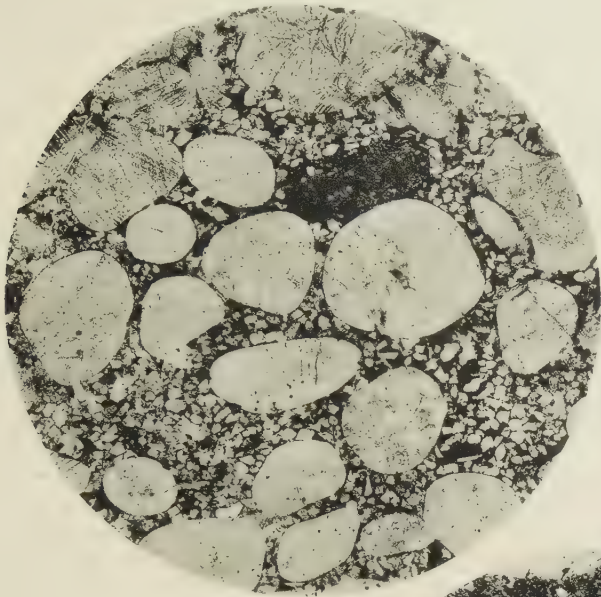
Quartz à indice d'arrondi très élevé, de type éolien. La calcite de remplacement s'introduit par les fissures du grain. *Le remplacement est sélectif, la calcite respectant le contour du grain* (en haut à droite). La roche est un calcaire constitué par une mouture de fins débris de Crinoïdes et Brachiopodes, dans un fond de calcite finement microcristalline. LN, $\times 31$.

Ech. 2128, (74 bis), lits calcaires à Trilobites des grès de Tighirt, talus de Tighirt.

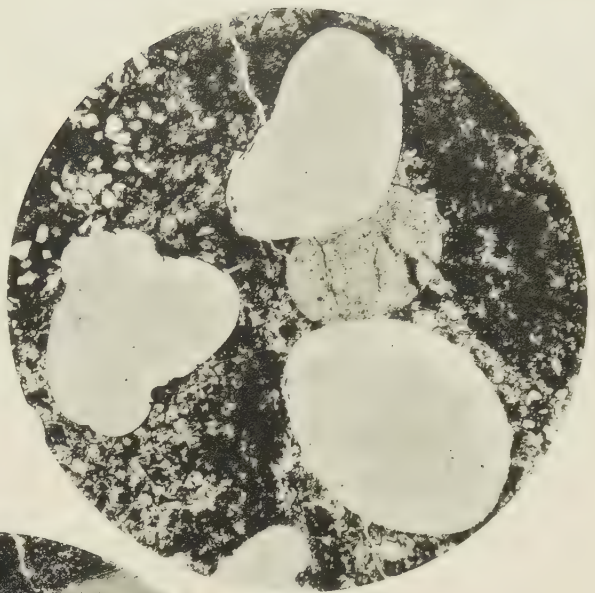
5. *Grès ferrugineux un peu calcaire assez fin.*

Grains jointifs de quartz (moyenne 125 μ), à fort indice d'arrondi. Début de nourrissage des grains à leurs points de contact. Ciment de goethite avec un peu de calcite résiduelle. LN, $\times 75$.

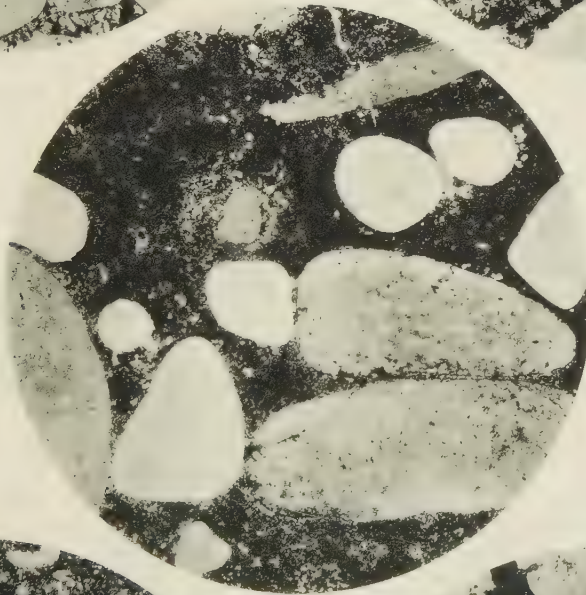
Ech. 452, (base de 75), grès-quartzites de Tighirt, base de la corniche de Tighirt.



1

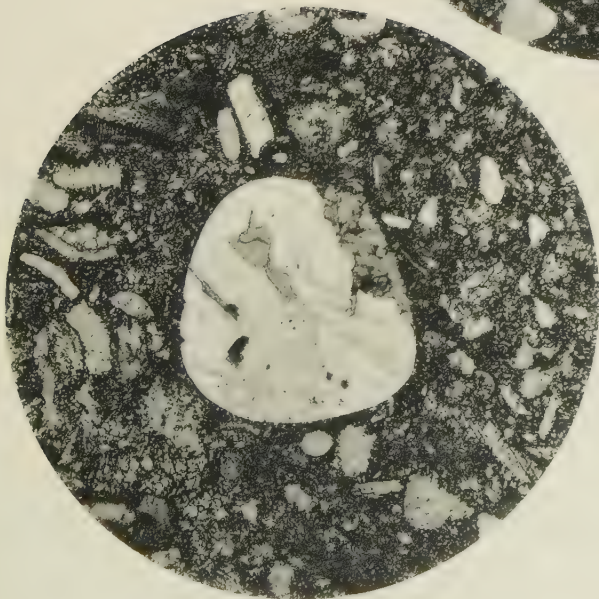


2



3

4



5

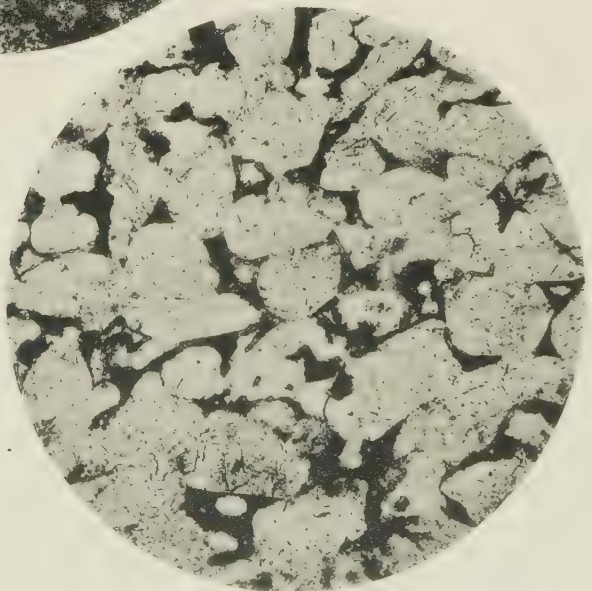


PLANCHE XIX

PLANCHE XIX

Couvinien inférieur (suite)

Calcaires gréseux à *Paraspirifer cultrijugatus* (77)

1. Calcaire gréseux lumachellique légèrement micacé.

Débris mal classés de Brachiopodes dominants et de Crinoïdes (à gauche), Ostracodes et Trilobites. Grains de quartz, anguleux à subarrondis, mal classés entre 15 et 160 μ . Très fines paillettes de muscovite peu visibles sur la photo. Ciment de calcite un peu poecilithique et goethite diffuse. L'analyse donne 65 % de carbonates. LN, $\times 15$.

Ech. 397, (77), calcaires gréseux et grès calcaires chamois à *P. cultrijugatus*, 1,5 km ENE d'Aguelt Oudiate el Khyam.

Couvinien supérieur

Marno-calcaires à *Acrospirifer speciosus speciosus* (80)

2. Calcaire lumachellique à *Productella subaculeata*.

Noter l'absence totale des clastiques minéraux. Nombreux débris non classés de Brachiopodes, Crinoïdes, Trilobites, Ostracodes et Eoptéropodes. Fossiles entiers non roulés. Ciment de calcite crypto-ou microcristalline et d'oxydes de fer. Remarquer la calcite limpide d'origine chimique qui a rempli les vides de la sédimentation (à l'intérieur et au-dessous des coquilles). Ce caractère permet de retrouver au microscope le sens de la sédimentation. LN, $\times 6$.

Ech. 491 A, (80), marno-calcaires à *A. speciosus speciosus*, premier grand anticlinal au SW de Tighirt.

Givetien inférieur

Marno-calcaires à *Werneroceras crispiforme* (81)

3. Calcaire microcristallin légèrement dolomitique à *Goniatites*, *Eoptéropodes* et *Ostracodes*.

Quartz détritique rare (un en haut à gauche). Nombreuses sections de Styliolines et quelques-unes d'Ostracodes (à droite). Calcite microcristalline, et mouchetures de goethite et d'oxyde de manganèse. L'analyse indique 72 % de calcite et 10 % de dolomite. LN, $\times 25$.

Ech. 343, (81), marno-calcaires à *W. crispiforme*, 1 km SSE d'Aguelt Nebka.

Calcaires à Polypiers inférieurs (87)

4. Calcaire magnésien microcristallin silteux à Bryozoaires et nombreux débris.

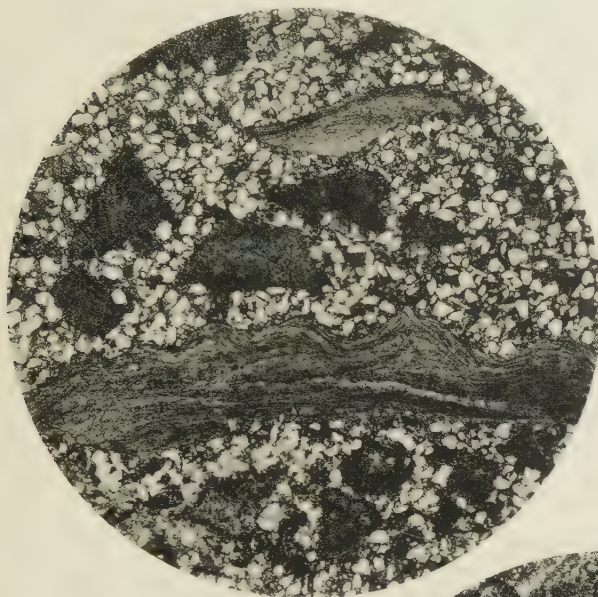
Petits grains de quartz détritique anguleux de 10 à 50 μ (visibles en bas). Nombreux débris mal classés où dominent les débris de Polypiers, Bryozoaires et Crinoïdes. La photographie montre deux sections de Bryozoaires. Fond de calcite microcristalline hétérogranulaire, colorée par des oxydes de fer. LN, $\times 21$.

Ech. 450, (87), « Polypiers inférieurs », petit oued à 800 m à l'Est de Douik el Akhdhar.

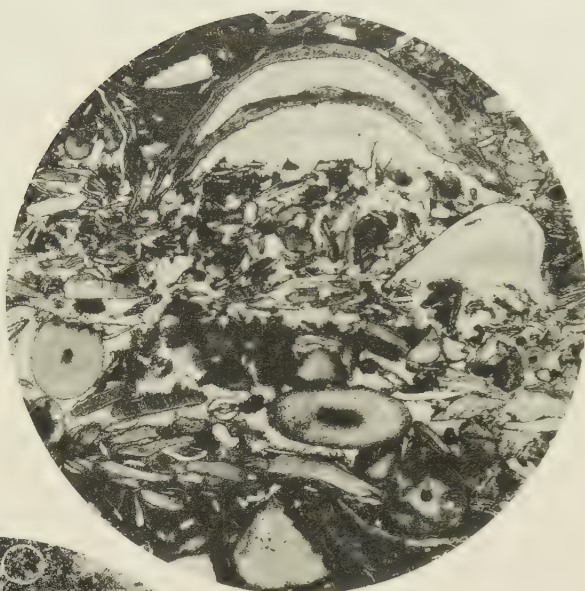
5. Calcaire silteux à débris de Polypiers et Bryozoaires.

Les silts de quartz, assez abondants, de 30 μ environ, apparaissent mal sur la photo. Très abondants débris organiques, certains recristallisés, de Polypiers, Bryozoaires, Brachiopodes, Ostracodes, Trilobites et Crinoïdes, se fondant plus ou moins dans un ciment de calcite microcristalline. LN, $\times 21$.

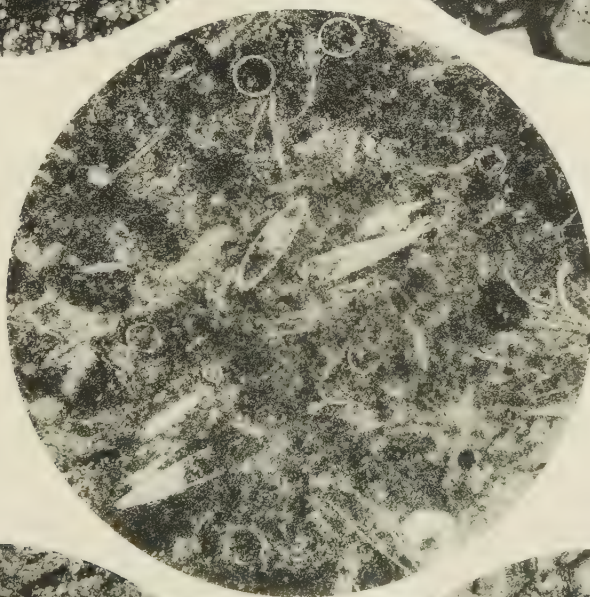
Ech. 21684, (87), même niveau, premier synclinal à l'Ouest de Tighirt.



1



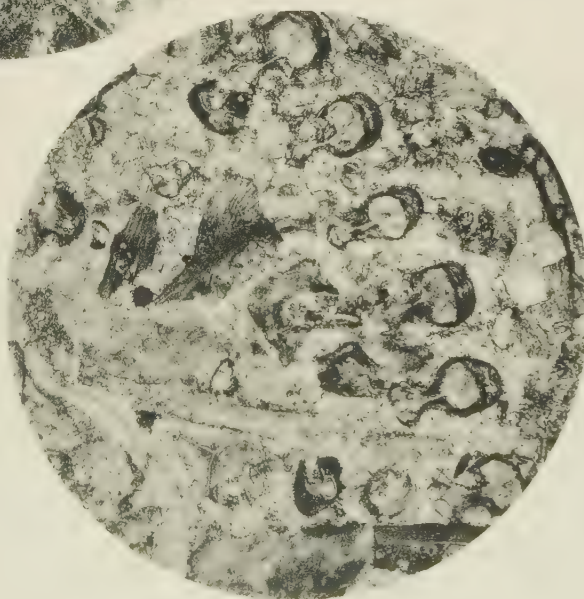
2



3



4



5

PLANCHE XX

PLANCHE XX

Givetien supérieur

Lumachelles, encrinites et calcaires silteux de l'Amgala (88 bis - 89)

1. *Lumachelle calcaire à Crinoïdes, Tentaculites, Brachiopodes et Trilobites.*

Nombreux débris organiques où dominent les Crinoïdes (en bas), les Tentaculites (débris annelés, au centre et en bas à droite) et les Brachiopodes (en haut à gauche). Ces débris ne sont ni classés, ni roulés. Fond de calcite finement microcristalline, d'argile et de goethite. LN, $\times 8$.

Ech. 346 NA, (88 bis), sommet des marnes de l'Amgala, falaise de l'Amgala entre Amgli Zguilma et Amgli el Harra.

2. *Encrinite calcaire.*

Débris dominants de Crinoïdes en calcite monocristalline. Autres débris, surtout Brachiopodes (en bas) et Trilobites. Fond de calcite, argile et goethite. Les débris ne sont pas du tout usés. LN, $\times 13$.

Ech. 346 B, (88 bis), même niveau, même localité.

3. *Dolomie calcaire silteuse à entroques.*

Dolomitisation dans la zone plissée d'un faciès analogue au précédent mais plus silteux. Les débris de Crinoïdes perdent leur structure monocristalline, mais leur forme extérieure est encore visible. Abondants petits grains de quartz très anguleux (moyenne 35μ). Fond de dolomite, calcite et goethite diffuse. LN, $\times 20$.

Ech. 468, (89), « calcaires de l'Amgala », flanc ouest d'un synclinal à 2,5 km à l'Ouest de Douik el Akhdhar.

4. *Siltstone calcaire micacé poecilithique.*

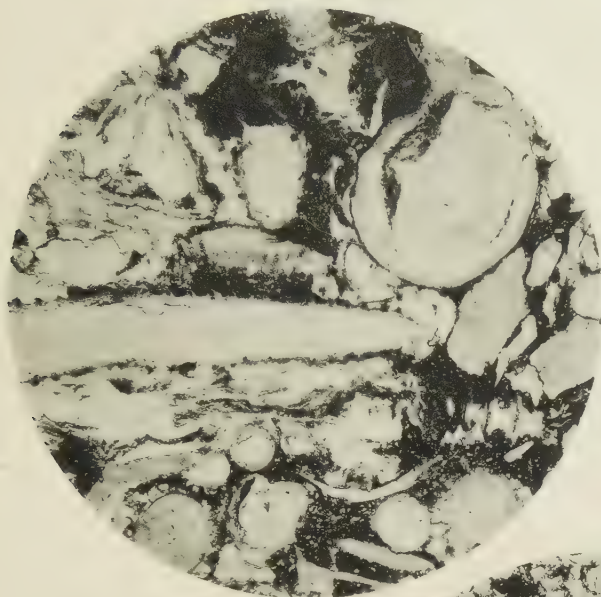
Grains de quartz non jointifs subanguleux (moyenne 40μ) et quelques plagioclases. Lamelles de muscovite (orientées à 45° sur la photo). Fond de calcite poecilithique (le quart sud-ouest de la photo correspond à un seul cristal de calcite éclairé, le reste à un cristal éteint). LP, $\times 61$.

Ech. 21609, (89), même niveau, Amgli el Harra.

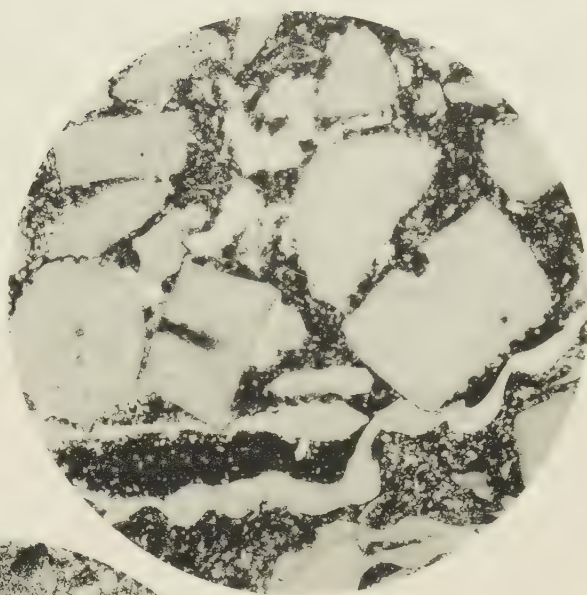
5. *Calcaire oolithique.*

Oolithes presque contigües de calcite en fibres radiales (diamètre 250μ). Nucléus variable : quartz ou débris de fossiles. Ciment de calcite pure microcristalline. LN, $\times 45$.

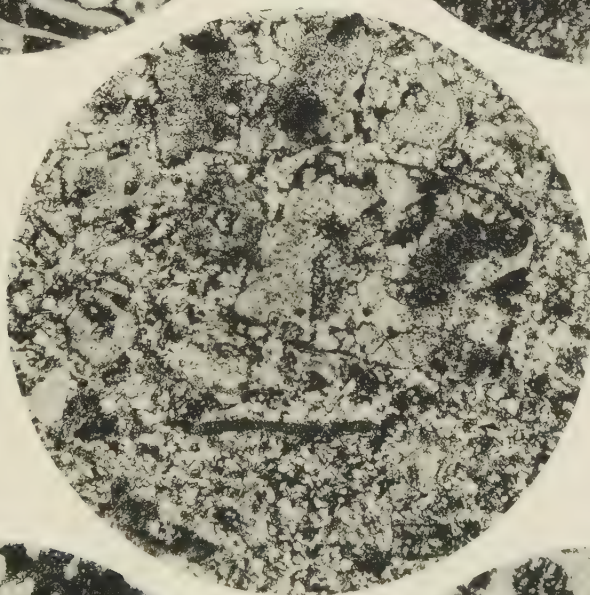
Ech. 21690, (89), même niveau, premier synclinal à l'Ouest de Tighirt.



1

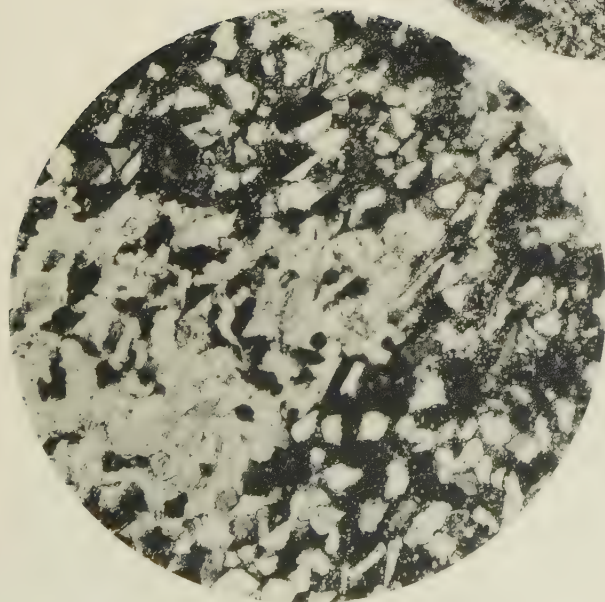


2



3

4



5

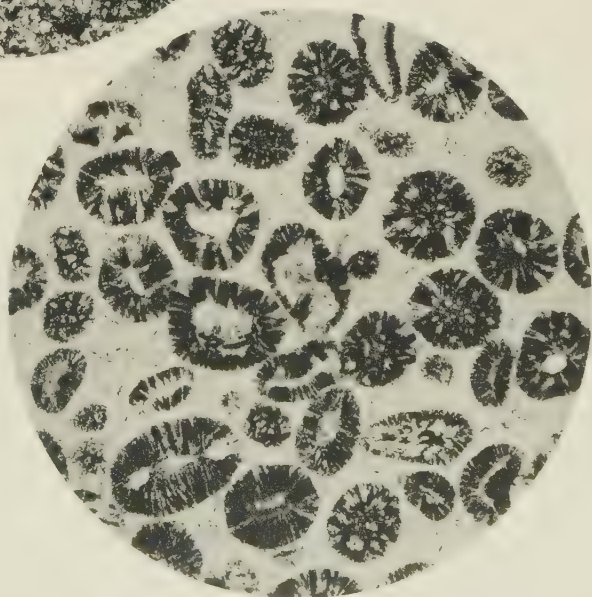


PLANCHE XXI

PLANCHE XXI

Givetien supérieur

Calcaires à Polypiers supérieurs

1. *Calcaire lumachellique argileux et ferrugineux.*

Abondants débris de Brachiopodes (au centre), de Bryozoaires, de Trilobites, de Crinoïdes (en bas à gauche), de Tentaculites et Ostracodes. Silts de quartz disséminés (20 μ). Fond de calcite cryptocristalline, argile et goethite. LN, $\times$ 12.

Ech. 366, (90), calcaires à Polypiers supérieurs, NW d'Amgli el Harra.

2. *Siltstone calcaire un peu argileux et micacé.*

Silts de quartz détritique subarrondi à anguleux (moyenne 35 μ). Débris de Crinoïdes et de Brachiopodes. Noter le remplacement du débris de Brachiopode par du quartz secondaire en cristaux de même taille que le quartz détritique. Fond de calcite et d'argile. LN, $\times$ 90.

Ech. 21615, (90c), même niveau, même localité.

*Frasnien*3. *Siltstone calcaire lumachellique.*

Grands débris, de Brachiopodes (sur la photo, on voit la structure lamellaire et les canaux transversaux), et d'autres organismes non visibles ici. Petits grains de quartz anguleux à subarrondis, mal classés autour de 45 μ . Fond de calcite microcristalline et goethite. LN, $\times$ 65.

Ech. 21618, (92), première barre gréseuse du Frasnien, Oued Amgli el Harra.

4. *Calcaire magnésien oolithique silteux.*

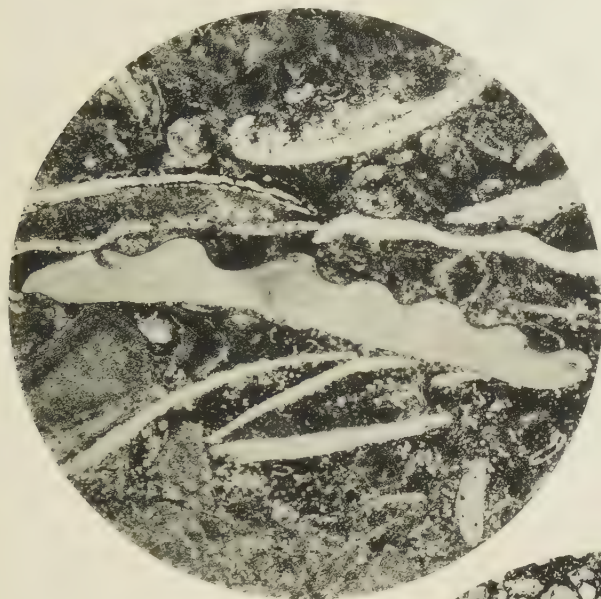
Oolithes presque sphériques en calcite, sans nucléus ou à nucléus de quartz. Quartz détritique, mal classé autour de 30 μ , anguleux à subarrondi. Ciment de calcite microcristalline et de goethite. LN, $\times$ 36.

Ech. 21695, (94 bis), calcaires oolithiques, premier synclinal à l'Ouest de Tighirt.

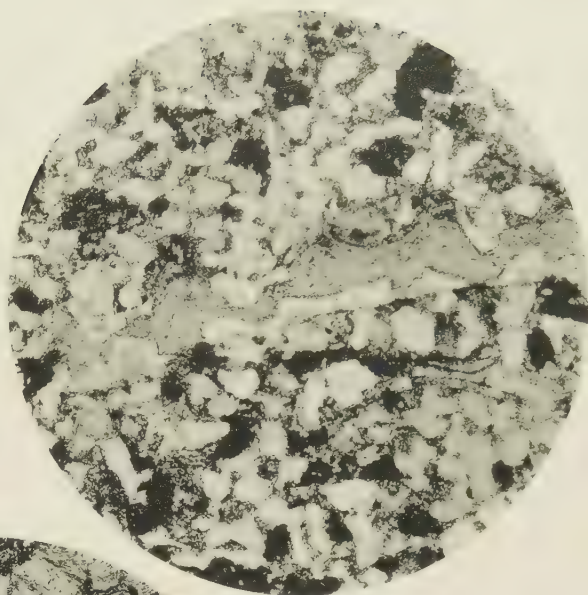
5. *Calcaire oolithique, légèrement gréseux, ankéritique, à entroques.*

Quartz détritique arrondi disséminé (en bas). Débris de Crinoïdes (à droite) et plus rares de Brachiopodes. Oolithes presque contigües, à nucléus variable (quartz, zircon, débris d'Ostracodes, de Brachiopodes, etc.), et à enveloppes concentriques plus ou moins masquées par la structure rayonnante surimposée. Remplacement secondaire des oolithes par des rhomboèdres d'ankérite (en noir sur la photo). Ciment de calcite, ankérite et goethite. LN, $\times$ 31.

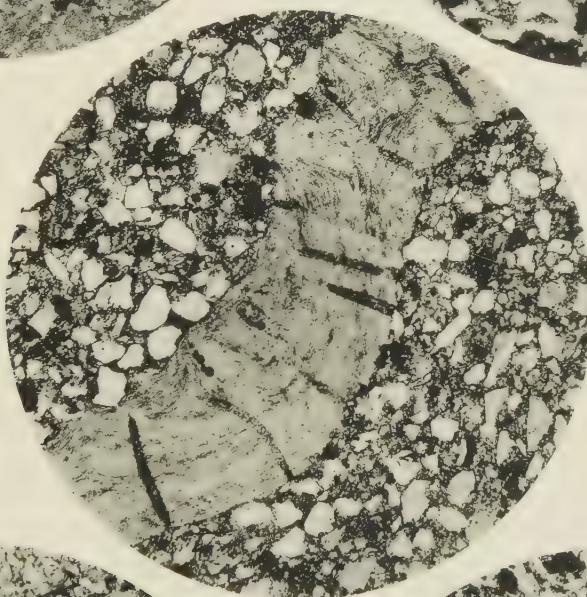
Ech. 2074, (94 bis), même niveau, Ouest du brachysynclinal des Oudeï Askaf.



1



2



3

4

5

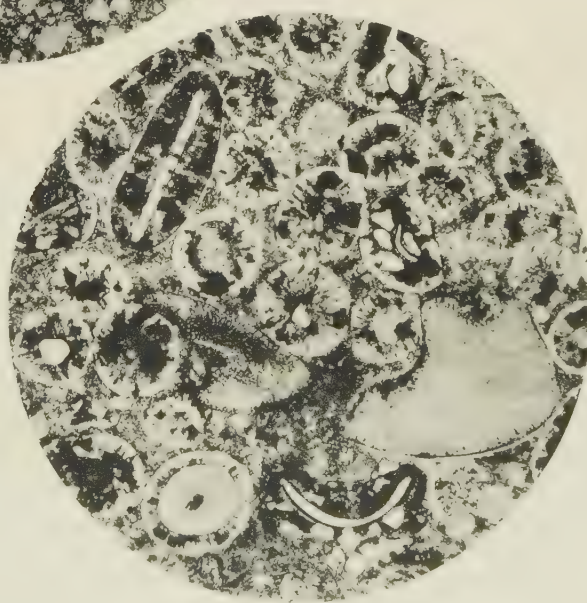
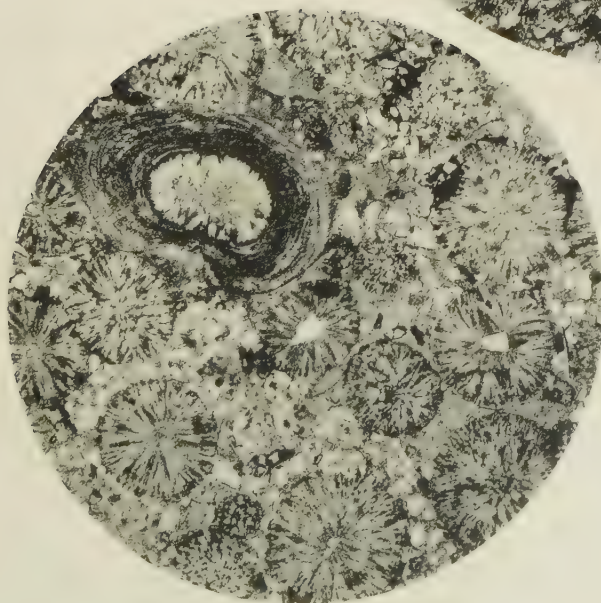


PLANCHE XXII

PLANCHE XXII

Frasnien

1. *Détail des oolites du calcaire oolithique de la Planche XXI, fig. 5.*

Le nucléus de la grande oolithe de droite est constitué par un débris d'Ostracode. L'oolithe en bas à gauche comporte plusieurs nucléi (débris de Brachiopode et quartz). Noter le remplacement de la calcite de l'oolithe par des rhomboèdres d'ankérite qui respectent le plus souvent la couche la plus externe de l'oolithe et le ciment carbonaté de la roche. LN, $\times 65$.

Ech. 2074, (94 bis), calcaires oolithiques, Ouest du brachysynclinal des Oudeï Askaf.

2. *Ibidem, détail d'une oolithe.*

LN, $\times 130$.

3. *Calcaire légèrement dolomitique lumachellique.*

Abondants débris très roulés de Brachiopodes dominants et de Trilobites (en bas). Fond de calcite microcristalline. L'analyse donne 90 % de carbonates, dont 74 % de calcite. LN, $\times 21$.

Ech. 363, (98), calcaires lumachelliques à *Cyrtospirifer verneuili*, 2,2 km WNW d'Aguelte Oudiate el Khyam.

4. *Début de dolomitisation d'un grès-quartzite fin lumachellique.*

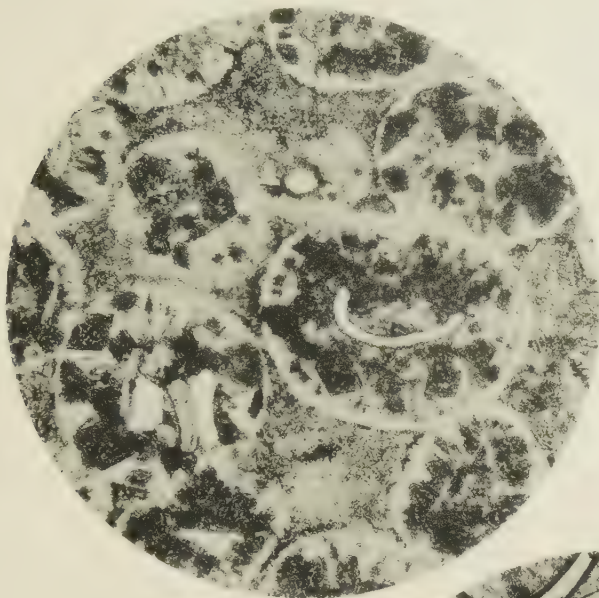
En bas, dans un ciment de calcite résiduelle, grains de quartz (moyenne 75μ) détritique dont le nourrissage se voit mal sur la photo. Débris de Brachiopode dont la structure devient confuse. En haut, la roche est envahie par des rhomboèdres automorphes d'ankérite. LN, $\times 45$.

Ech. 409B, (98), lumachelles à *C. verneuili*, deuxième synclinal à l'Ouest de Tighirt.

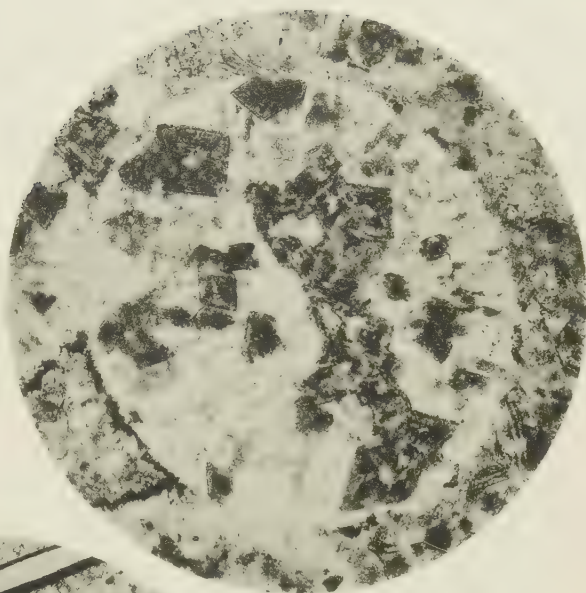
5. *Dolomie cristalline à entroques.*

Débris de Crinoïdes ayant conservé leur structure monocristalline. Quelques petits grains de quartz épars. Le reste de la roche est constitué de cristaux bien individualisés de dolomite, séparés par une mince couche de goethite. LN, $\times 25$.

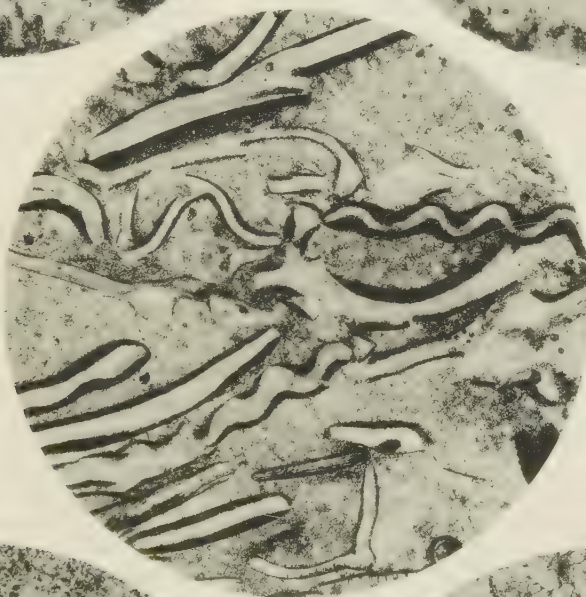
Ech. 478, (101 ?), cœur d'un grand synclinal à 3,5 km au NW de Douik el Akhdhar.



1

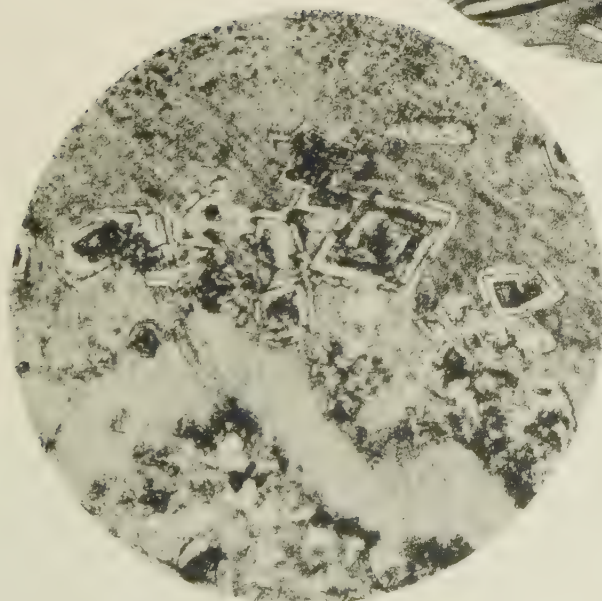


2



3

4



5

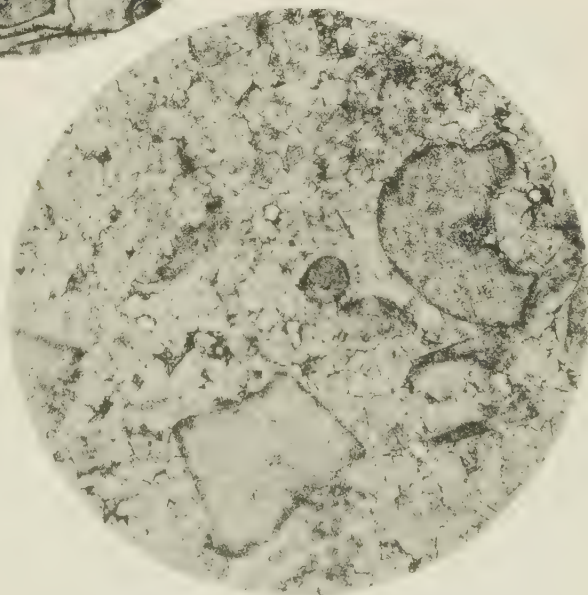


PLANCHE XXIII

PLANCHE XXIII

Infracambrien
Série d'El Thlethyate
 Dolomies à Stromatolithes (2)

1. *Conophyton ressoti* MENCHIKOFF *jacqueti* nov. var.

Section transversale montrant la forme en fuseau caractéristique des Stromatolithes d'El Thlethyate,
 × 1/2.

Ech. 2094, (2b), dolomies à Stromatolithes, El Thlethyate.

Cambro-Ordovicien
Série de l'Oumat el Ham
 Grès à Scolithes inférieurs (5)

2. *Scolithus linearis* HALDEMAN.

a. section transversale d'un peuplement sur la face horizontale d'un grès;

b. sections longitudinales sur la tranche verticale d'un grès, noter la forme rectiligne des tubulures;

× 1.

Ech. 2096, (5), grès à Scolithes inférieurs, El Thlethyate.

Niveau ferrugineux de Gara Bouya Ali (7)

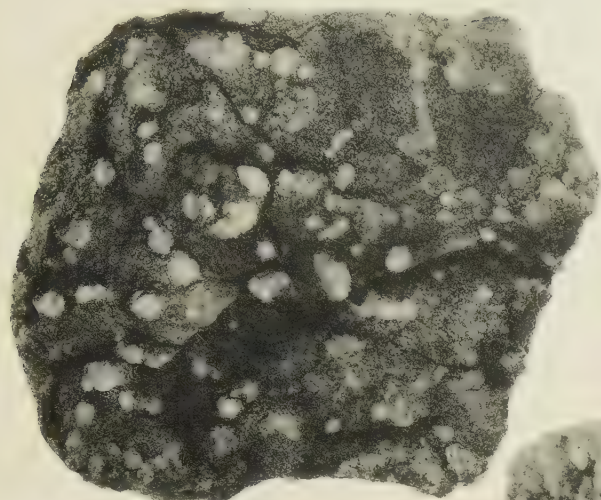
3. *Nyssenia* nov. gen. *zemmourensis* nov. sp.

a. portion de l'organisme montrant la disposition en éventail des fossettes à partir d'un centre, × 2.

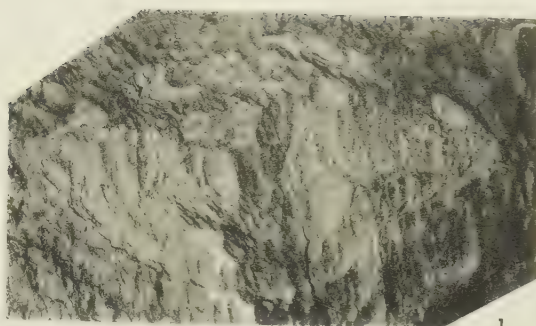
b. portion plus éloignée du centre, où les fossettes sont plus régulièrement réparties, × 2.

c. agrandissement de 3a. Noter à la partie inférieure du cliché deux fossettes bien dégagées; les autres sont au contraire occupées par une pellicule de grès plus clair; × 5.

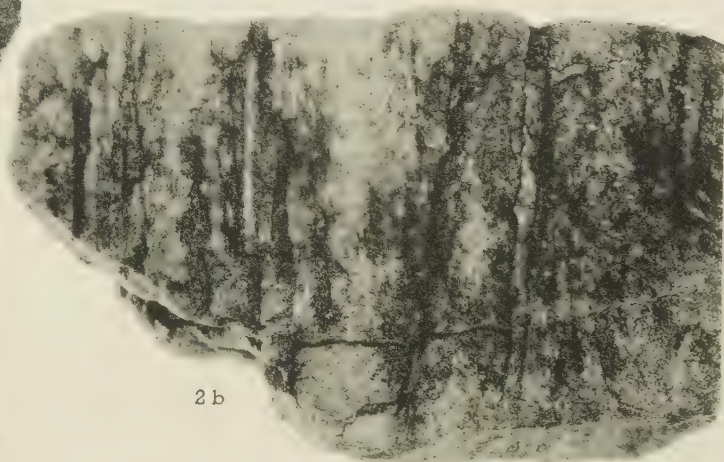
Ech. 539, (7), niveau ferrugineux de Gara Bouya Ali, SSW de Gara Bouya Ali.



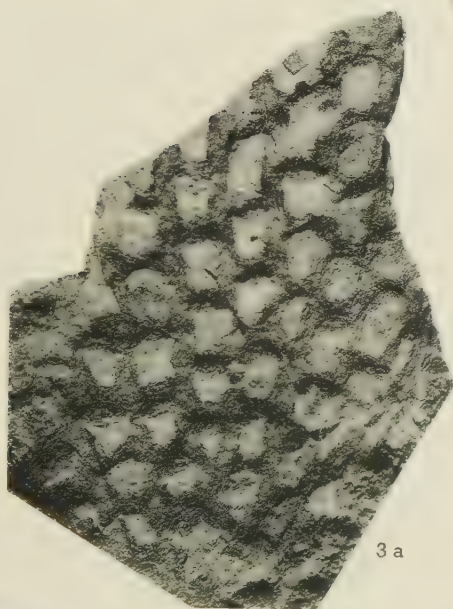
2 a



1



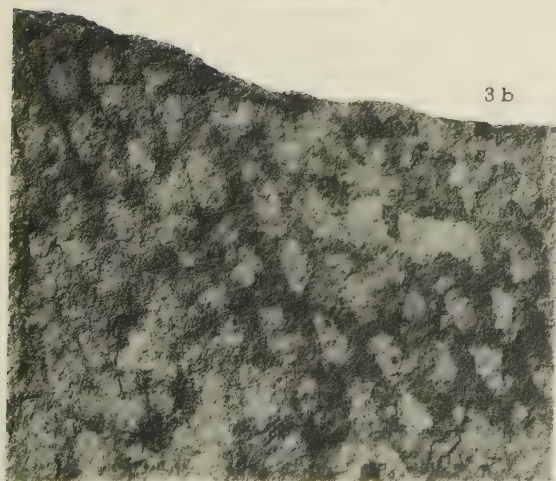
2 b



3 a



3 c



3 b

PLANCHE XXIV

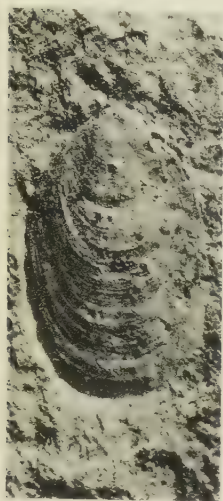
PLANCHE XXIV

Cambro-Ordovicien
Série de l'Oumat el Ham

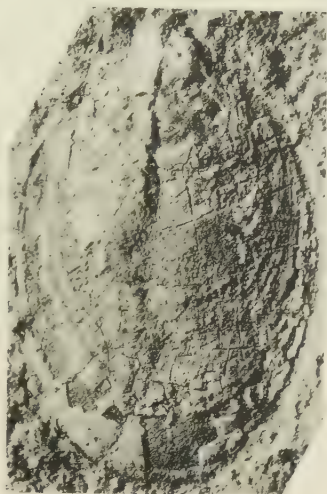
Argiles à *Acrothele* d'Aghachan el`Akhdhar (6)

1. *Lingulella* cf. *fuchsi* REDLICH.
Valve dorsale ?
2. *Ibidem.*
Valve ventrale ?
3. *Lingulella* sp.
Valve ventrale ?
4. *Lingulella* sp.
Valve dorsale (= brachiale).
5. *Lingulella* sp.
Valve dorsale.
6. *Lingulella* cf. *fuchsi* REDLICH.
Valve dorsale.
7. *Acrothele* sp.
Valve ventrale (= pédonculaire).
- 8-11. *Acrothele sougyi* POULSEN.
Valves ventrales.
12. *Acrothele spinulosa* POULSEN.
Valve ventrale, noter les épines marginales caractéristiques.
13. *Acrothele* sp. (*A. sougyi* POULSEN ?).
Valve ventrale.
14. *Acrothele spinulosa* POULSEN.
Valve ventrale.
15. *Acrothele* sp.
Valve ventrale.
- 16-17. *Acrothele sougyi* POULSEN.
Valve ventrale, empreinte et contre-empreinte du même individu.
- 18-19. *Ibidem.*
Valves ventrales.

Toutes les figures sont grossies 10 fois, et proviennent du même gisement :
 Ech. 2025, (6), argiles à *Acrothele*, Aghachan el Akhdhar.



1



2



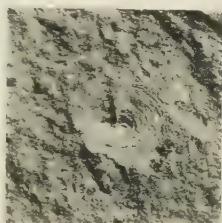
3



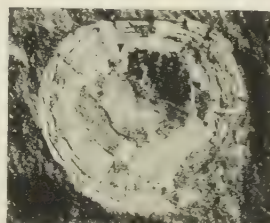
4



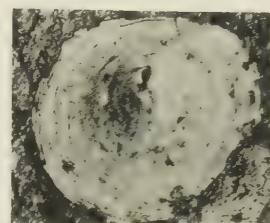
5



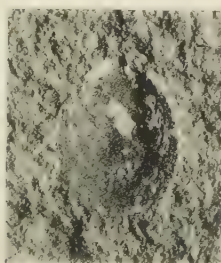
7



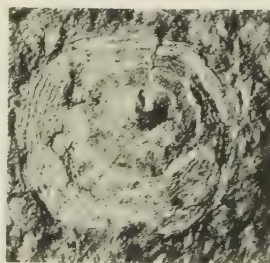
8



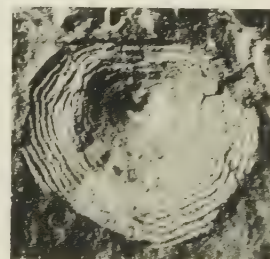
9



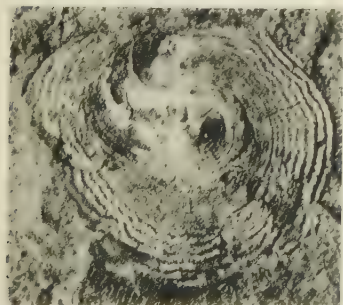
6



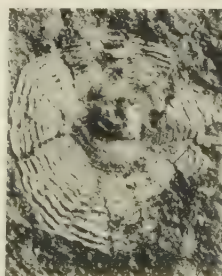
10



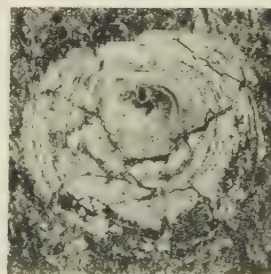
11



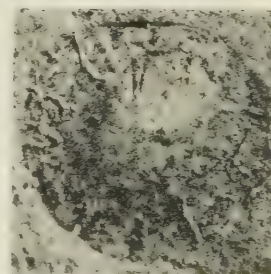
12



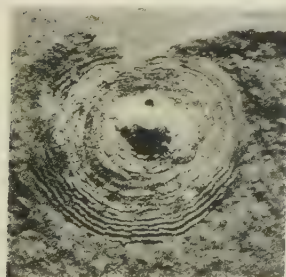
13



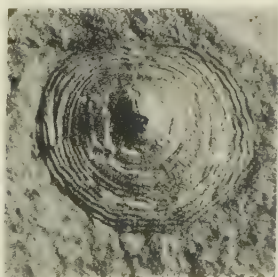
14



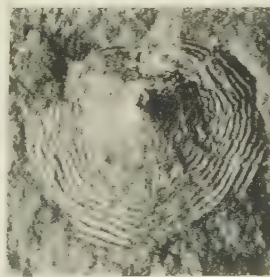
15



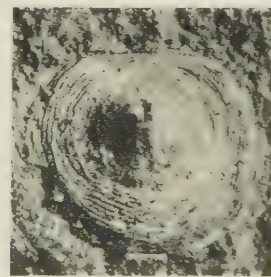
16



17



18



19

PLANCHE XXV

PLANCHE XXV

Cambro-Ordovicien
Série de l'Oumat el Ham

Argiles à *Acrothele* d'Aghachan el Akhdhar (6) (suite)

1-5. *Acrothele spinulosa* POULSEN.

1. Valve ventrale et valve dorsale, noter les épines marginales caractéristiques; 2. Valve ventrale; 3. Valve dorsale, noter les épines marginales caractéristiques; 4a-4b. Empreinte et contre-empreinte d'une même valve dorsale; 5. Valve dorsale.

6. *Acrothele* sp.

Valve dorsale.

7-8. *Acrothele spinulosa* POULSEN.

7a-7b. Empreinte et contre-empreinte d'une valve dorsale; 8. Valve dorsale, noter les épines marginales caractéristiques.

9-13. *Neobolus* cf. *warthi* WAAGEN.

9. Valve dorsale ?; 10. Valve dorsale; 11. Valve dorsale; 12. Valve dorsale ?; 13. Valve dorsale, exemplaire montrant une empreinte de septum médian.

Les fig. 1 à 13 sont grossies 10 fois et proviennent toutes du même gisement :
 Ech. 2025, (6), argiles à *Acrothele*, Aghachan el Akhdhar.

Niveau ferrugineux de Gara Bouya Ali (7)

14. *Lingulella* cf. *fuchsi* REDLICH.

Fragment de valve, $\times 8$.

Ech. 540C, (7), niveau ferrugineux de Gara Bouya Ali, 1 km au Sud de Gara Bouya Ali.

15. *Botsfordia paucigranulata* POULSEN.

Valve ventrale.

Ech. 540B, (7), même niveau, même localité.

16. Genus et sp. indét.

Ech. 540F, (7), même niveau, même localité.

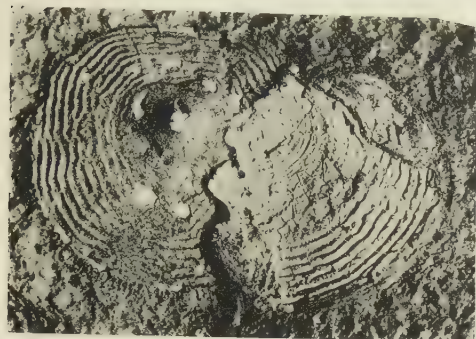
Ordovicien ou Llandovery inférieur ?
Série de Garat el Hamoueïd

Grès-quartzites (15)

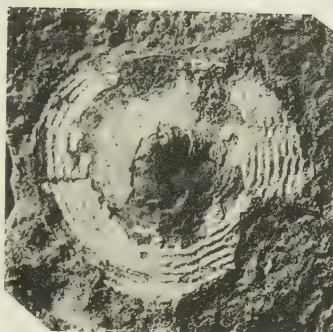
17. « *Camarotoechia* » sp.

Vue d'ensemble de l'échantillon, montrant plusieurs empreintes indéterminables, mais prouvant l'origine marine du grès.

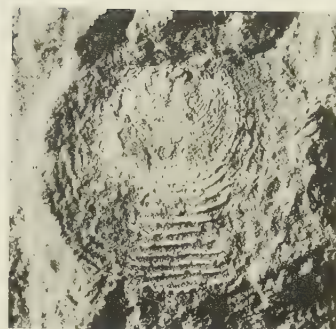
Ech. 323, (15), grès-quartzite de la série de Garat el Hamoueïd, 3 km à l'Ouest des Gour Lemdeïlbeh.



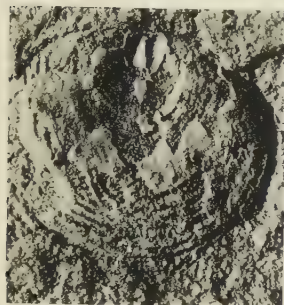
1



2



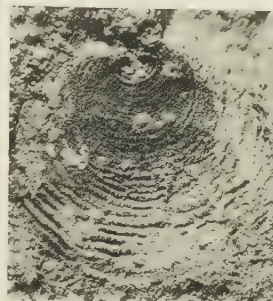
3



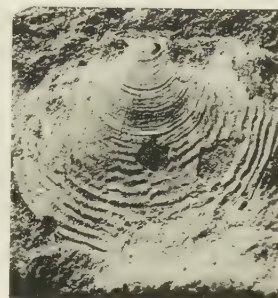
4 a



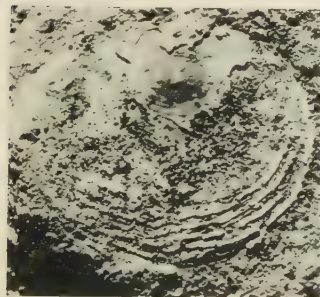
4 b



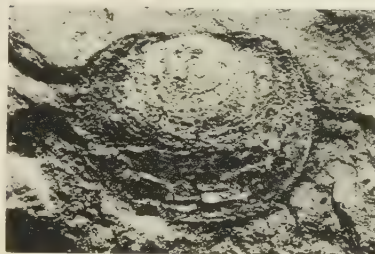
5



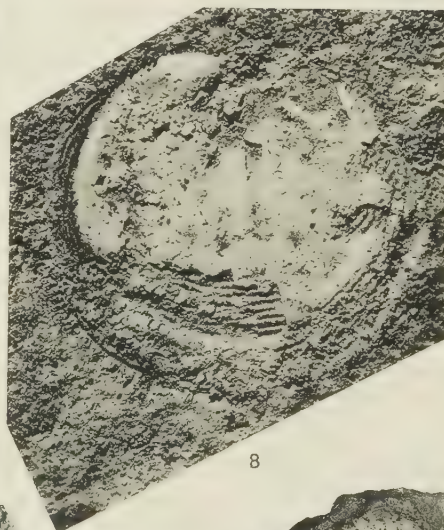
6



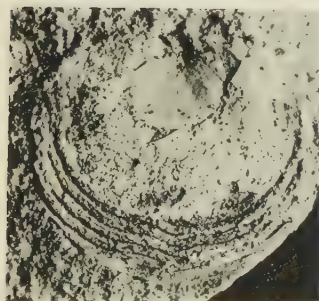
7 a



9



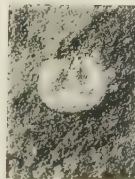
8



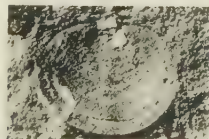
7 b



10



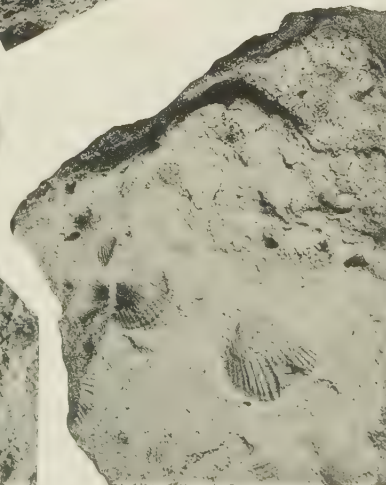
11



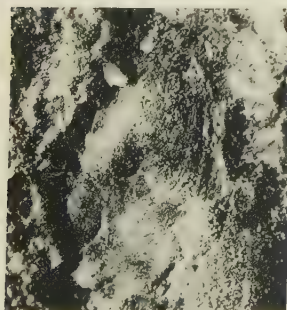
12



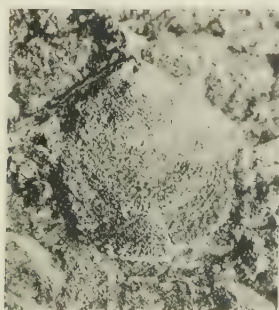
13



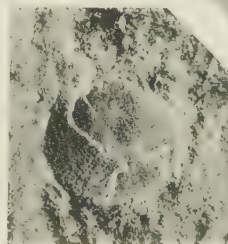
17



14



15



16

PLANCHE XXVI

PLANCHE XXVI

Gotlandien

Schistes à *Monograptus triangulatus* (Llandovery moyen) (16)1. *Monograptus triangulatus* HARKNESS.

$a-g. \times 3$; $h \times 1$; h' . même fragment, $\times 3$.

Ech. 534WC, (16), argiles et schistes à *M. triangulatus*, Guelb Sensal nord.

2. *Monograptus lobiferus* (Mc Coy).

$a-e. \times 1$; $a'-e'. \times 3$.

Ech. 534WA, (16), même niveau, même localité.

3. *Monograptus tenuis* (PORTLOCK).

$a-e. \times 3$; $f. \times 1$; f' . même fragment, $\times 3$.

Ech. 534WB, (16), même niveau, même localité.

4. *Monograptus limatulus* TÖRNQUIST.

$\times 3$.

Ech. 534WF, (16), même niveau, même localité.

5. *Petalograptus palmeus* var. *latus* (BARRANDE).

$a. \times 1$; a' . les mêmes individus, $\times 3$.

Ech. 2159A, (16), même niveau, butte-témoin de Gotlandien entre l'Oued Ezrayeb et l'Oued Belfaa, bord ouest de l'Oumat el Ham.

6. *Climacograptus rectangularis* (Mc Coy).

$a. \times 1$; a' . le même, $\times 3$; $b. \times 3$.

Ech. 534WE, (16), même niveau, même localité que 1.

7. *Retiolites* (*Plegmatograptus*) *obesus* (LAPWORTH).

Réseau réticulé difficilement visible sur la gauche du cliché, associé à *C. rectangularis*, *M. limatulus* et *M. tenuis*; $\times 3$.

Ech. 534WEA, (16), même niveau, même localité.

8. *Diplograptus* (*Glyptograptus*) *tamariscus* NICHOLSON.

$a. \times 1$; a' . le même, $\times 3$; $b-d. \times 3$.

Ech. 534WD, (16), même niveau, même localité.

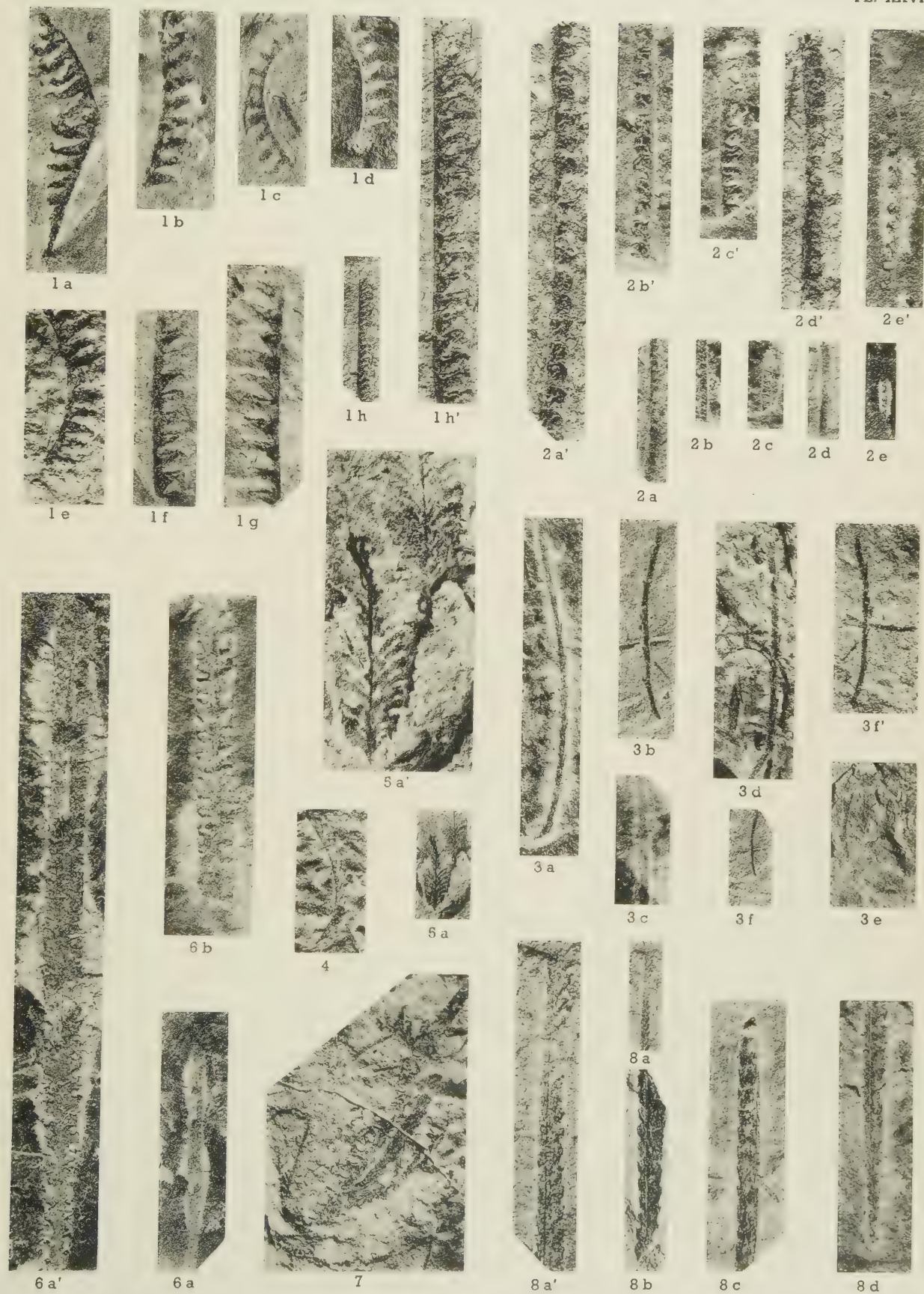


PLANCHE XXVII

Gotlandien

Calcaires bleu noir, gypses et ocre à *Monograptus priodon* (17-20)

1-3. *Camarotoechia* sp. e. g. *nucula* (SOWERBY).

a. valves brachiales; b. profils; c. commissures frontales; $\times 2$.

Ech. 543C, (17), calcaire magnésien gypseux argileux à petites « Rhynchonelles », 10 km à l'Ouest de Gara Bouya Ali.

4-6. « *Retzia* » *baylei* DAVIDSON.

a. valves brachiales; b. profils; c. commissures frontales; $\times 2$.

Ech. 543B, (17), même niveau, même localité.

7. *Camarotoechia* sp. e. g. *borealis* (SCHLOTH.).

a. valve brachiale; b. profil; c. commissure frontale; $\times 1$.

Ech. 519B, (18), calcaires fétides bleu noir à *Monograptus priodon*, tête de l'Oued el Fiadh, à l'Ouest des Gour Lemdeïlbeh.

8-10. *Ibidem*.

Vue brachiale de trois spécimens, $\times 1$.

Ech. 2160, (18), même niveau, butte-témoin à l'Ouest de l'Oumat el Ham entre l'Oued Belfaa et l'Oued Ezrayeb.

11. *Monograptus priodon* (BRONN).

Nombreux rhabdosomes conservés en relief dans un calcaire; noter l'orientation commune de tous les individus; $\times 2$.

Ech. 320A, (18), même niveau, tête de l'Oued el Fiadh à 5 km au Nord des Gour Lemdeïlbeh.

12. *Platyceras* sp.

a. vue apicale; b. profil; $\times 1$.

Ech. 536, (20), calcaires bleu noir fétides à Orthocères et Lamellibranches. Guelb Sensal nord près du sommet.

13. *Cardiola* cf. *interrupta* BRODERIP.

Moulage d'une valve, $\times 1$.

Ech. 543D, (18), calcaires bleu noir fétides à Orthocères et Lamellibranches, même localité que 1.

14. *Vlasta* sp.

$\times 1$ 2.

Ech. 2189A, (20), même niveau, affleurement de Gotlandien dans l'Oued Belfaa entre le massif sud-ouest de l'Oumat el Ham et Douik Çreïer.

15. *Dualina secunda* BARRANDE.

$\times 1,5$.

Ech. 2189B, (20), même niveau, même localité.

16. « *Orthoceras* » sp. II.

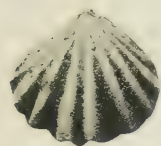
$\times 1$.

Ech. 2189F, (20), même niveau, même localité.

17. *Cornulites* sp.

$\times 2$.

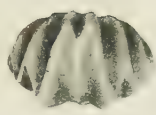
Ech. 420A, (17), calcaires gypseux à petites « Rhynchonelles », 1 500 m au SE d'Aguel el Fiadh.



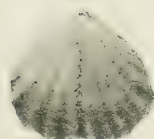
1 a



1 b



1 c



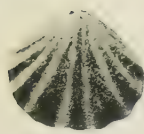
4 a



4 b



4 c



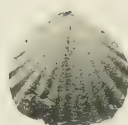
2 a



2 b



2 c



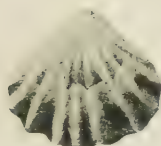
5 a



5 b



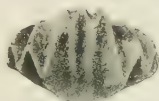
5 c



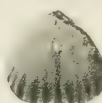
3 a



3 b



3 c



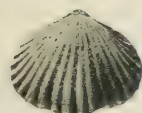
6 a



6 b



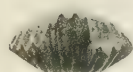
6 c



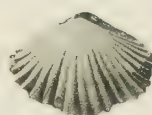
7 a



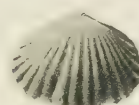
7 b



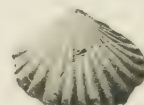
7 c



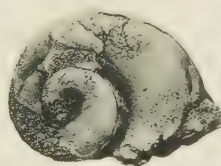
8



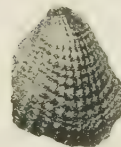
9



10



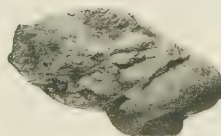
12 a



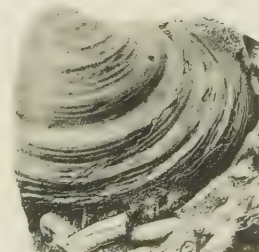
13



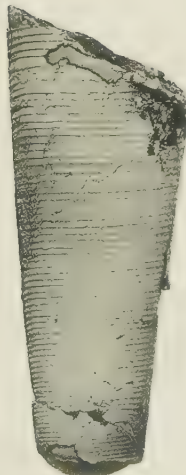
17



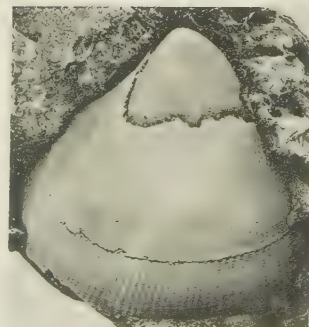
12 b



14



16



15



11

PLANCHE XXVIII

PLANCHE XXVIII

Gotlandien supérieur (Ludlow)

Zone des encrinites à *Scyphocrinus elegans* (21-24) (suite)

1. *Bathmoceras* sp.

(Cf. *Bathmoceras* sp. figuré in H. et G. TERMIER, 1950, Pl. CXXXIII, fig. n° 4).

a. face ventrale; b. cloison du même exemplaire montrant la position du siphon; $\times 3/4$.

Ech. 405E, (21), calcaires à entroques à *Scyphocrinus elegans* et *Orthoceras bohemicum*, synclinal à l'Ouest de l'Oued el Fiadh.

2. « *Orthoceras* » cf. *bohemicum* BARRANDE.

Fragment montrant l'ornementation, $\times 3/4$.

Ech. 544A, (21), même niveau, 1,2 km à l'Est d'Aguel el Fiadh en direction de Gara Foug Gara.

3. *Praecardium* sp.

Valve gauche, $\times 3/2$.

Ech. 544WA, (22), schistes argileux gypseux à grands Lamellibranches, Gotlandien monoclin à 12 km à l'Ouest de Gara Bouya Ali.

4. *Rhombopteria* cf. *mira* (BARRANDE).

a. valve gauche, $\times 3$; b. la même, $\times 1$; c. valve droite, $\times 1$.

Ech. 544WB, (22), même niveau, même localité.

5. *Platyceras anguis* (BARRANDE).

a-b. petit exemplaire, $\times 1$.

Ech. 546WA, (23), calcaires à lobolithes de *Scyphocrinus*, même localité.

6. *Ibidem*.

Grand exemplaire, noter l'ouverture remplie de débris de tiges de *Scyphocrinus*, $\times 1$.

Ech. 546WB, (23), même niveau, même localité.

7. *Ibidem*.

a-b. grand exemplaire, $\times 1$; c. ornementation du même, $\times 5$.

Ech. 546WC, (23), même niveau, même localité.

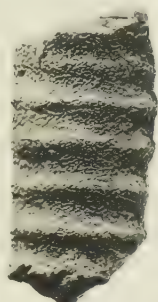
8. *Platyceras* sp.

a. vue apicale; b. vue de l'ombilic; c. vue de l'ouverture, $\times 1$.

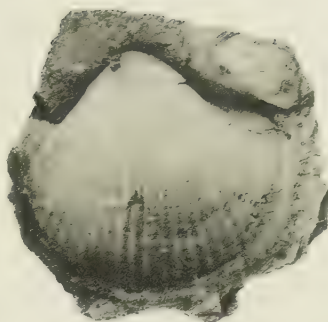
Ech. 548 bis A, (23), même niveau, même localité.



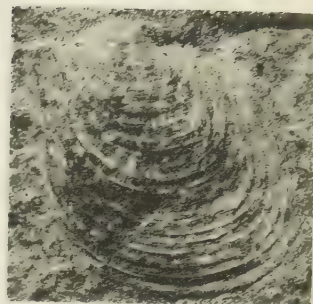
1 a



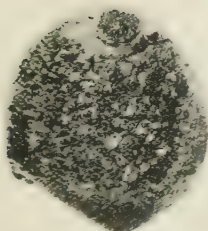
2



3



4 a



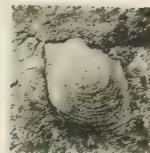
1 b



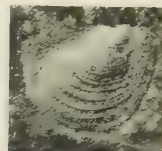
5 a



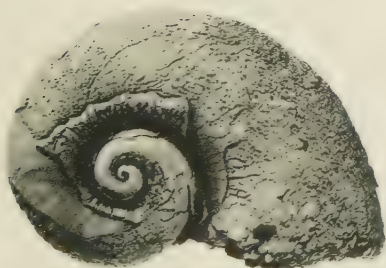
5 b



4 b



4 c



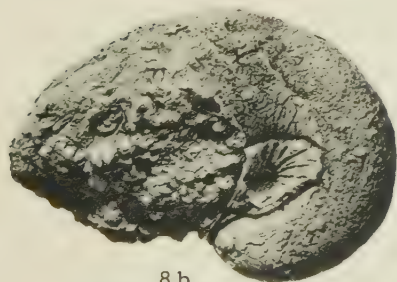
8 a



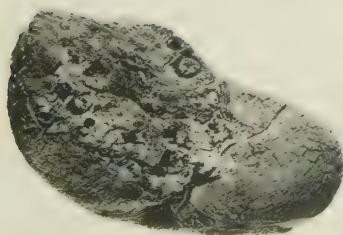
6



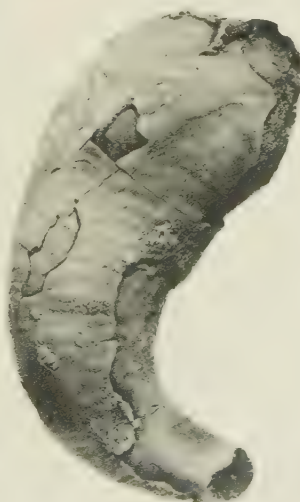
7 c



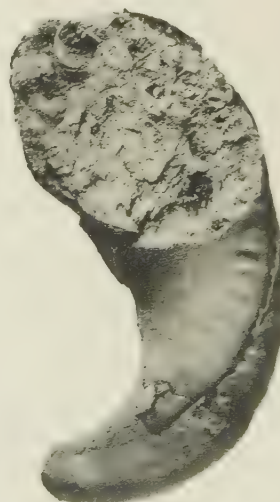
8 b



8 c



7 a



7 b

PLANCHE XXIX

PLANCHE XXIX

*Gotlandien supérieur (Ludlow)*Zone des encrinites à *Scyphocrinus elegans* (21-24) (suite)1. *Favosites* sp. e. g. *fidelis* BARRANDE.Vue d'ensemble d'une colonie, $\times 1/2$.Ech. 551B, (23), calcaires à lobolithes de *Scyphocrinus*, Kédia Leglaga.2. *Favosites* sp. e. g. *fidelis* BARR. var.Vue d'un fragment de colonie, $\times 2,5$.

Ech. 548 bis AB, (23), même niveau, Gotlandien monoclinal à 11 km à l'Ouest de Gara Bouya Ali.

3. *Scyphocrinus elegans* ZENKER.Fragments de lobolithe et de tiges dans une encrinite, $\times 1/2$.

Ech. 2122, (23), même niveau, oglats au NW d'Aïdiate, en bordure orientale de la chaîne de Dhlou.

4. *Panenka bohémica* BARRANDE.a. valve droite; b. vue du crochet; $\times 1$.

Ech. 549A, (23), même niveau, même localité que 2.

5. *Avicula glabra* MÜNSTER.a. valve droite; b. valve gauche; $\times 5$.

Ech. 552WA-WB, (24), schistes argileux à empreintes de petits Lamellibranches, même localité que 2.

6. *Praecardium* sp.Valve droite, $\times 5$.

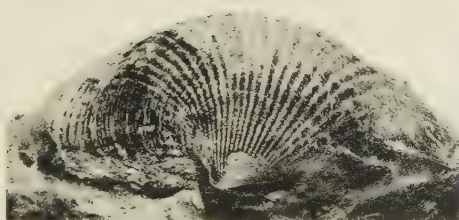
Ech. 552WC, (24), même niveau, même localité.



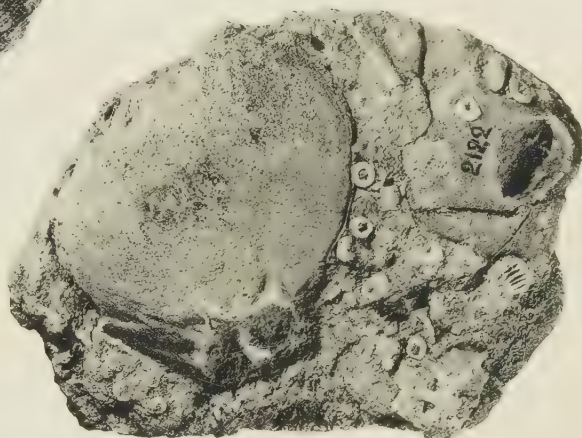
1



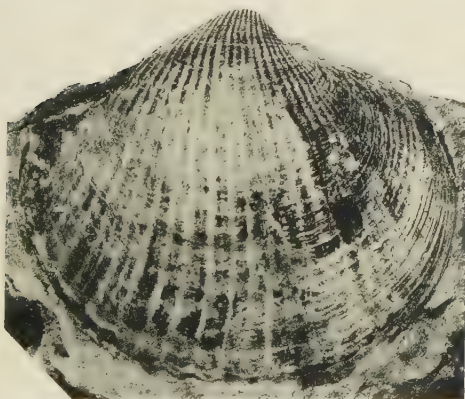
6



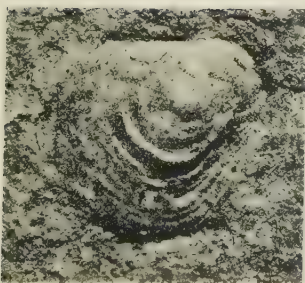
4 b



3



4 a



5 a



5 b



2

PLANCHE XXX

PLANCHE XXX

Gotlandien supérieur (Ludlow)Zone des encrinites à *Scyphocrinus elegans* (21-24) (suite)1. *Scyphocrinus elegans* ZENKER

a. fragment de tige montrant un anneau en biseau caractéristique; b. surface articulaire; $\times 2$.

Ech. 547WD-WE, (23), calcaire à lobolithes de *Scyphocrinus*, Gotlandien monoclinale à 11 km à l'Ouest de Gara Bouya Ali.

2. *Ibidem.*

Bras et pinnules, $\times 1$.

Ech. 547WC, (23), même niveau, même localité.

3. *Ibidem.*

Tige, bras et pinnules, $\times 1$.

Ech. 547WB, (23), même niveau, même localité.

4. *Ibidem.*

Bras et pinnules, $\times 1$.

Ech. 547WA, (23), même niveau, même localité.

5. *Ibidem.*

Lobolithe, vue montrant l'insertion du pédoncule par ramifications dichotomiques, $\times 1$.

Ech. 548 bis WA, (23), même niveau, Kédia Leglagla.

6. *Ibidem.*

Grand lobolithe complet, vu de profil, $\times 1/2$.

Ech. 548 WB, (23), même niveau, même localité que 1.

7. *Ibidem.*

Petit lobolithe; a. profil; b. vue de dessus montrant les cavités internes remplies de calcite largement cristallisée; $\times 1$.

Ech. 548 WC, (23), même niveau, même localité.

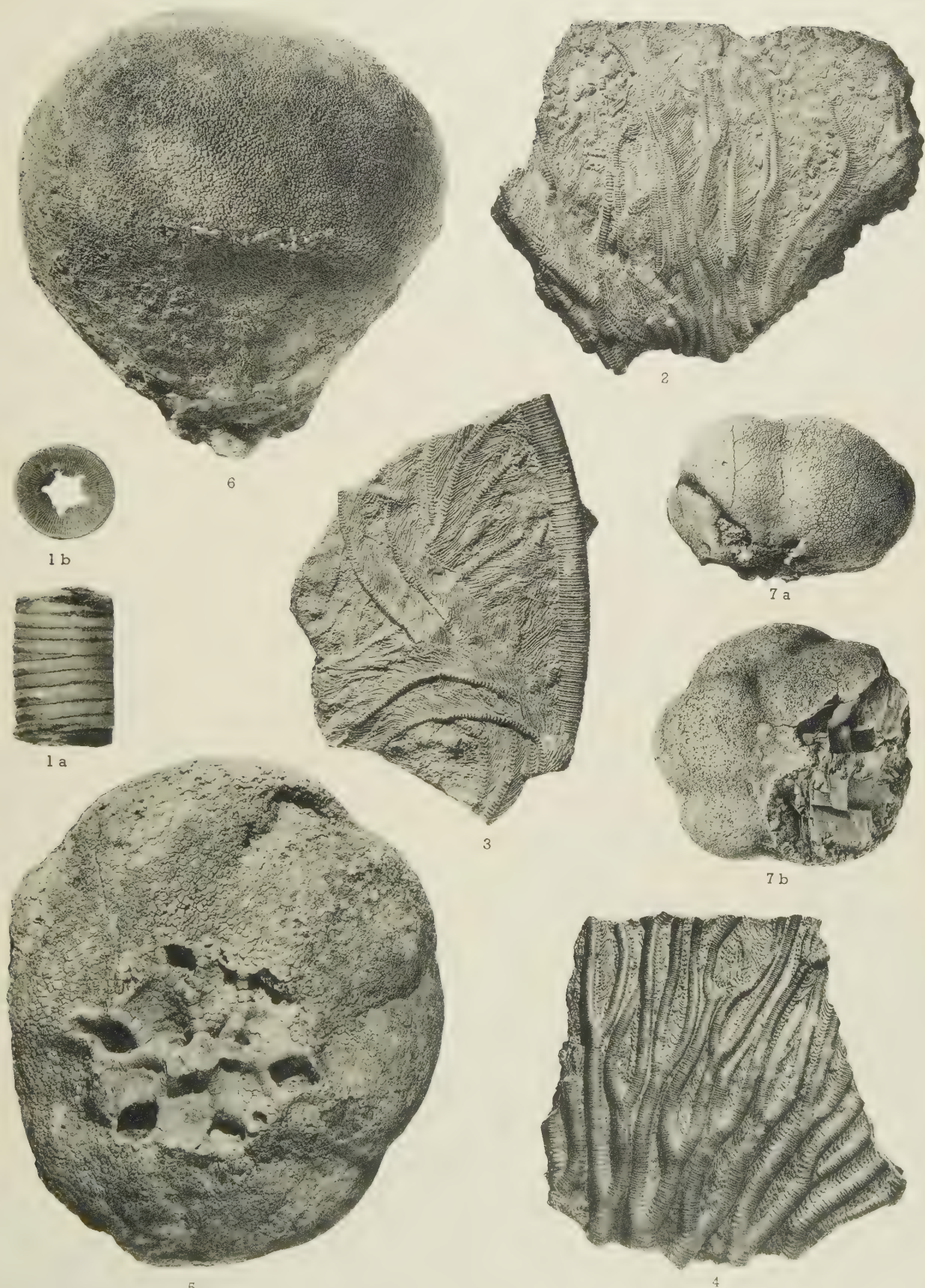


PLANCHE XXXI

Zone de passage du Gotlandien au Dévonien (25-26)

1. Micro-organisme à deux loges, indéterminé.

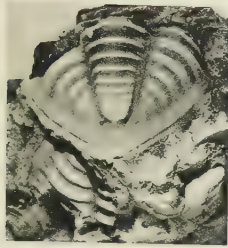
Section en lame mince, $\times 265$.

Ech. 331, (25), grès calcaires et calcaires silteux chamois de la Kédia Leglaga, Est d'Aguel el Fiadh.

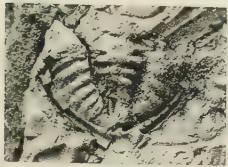
Gedinnien

Marno-calcaires à *Acastella tiro* (27-29)

2. *Homalonotus (Digonus) zemmourensis* PILLET.
a. céphalothorax, $\times 1$; b. pygidium, $\times 1$.
Ech. 556, (27), premier banc calcaire à Trilobites, 15 km Ouest de Gara Bouya Ali.
- 3a. *Acastella tiro* R. et E. RICHTER.
Glabelle, $\times 2$.
Ech. 565 AC, (27), même niveau, même localité.
- 3b. *Acastella artesia* ? R. et E. RICHTER.
Glabelle, $\times 2$.
Ech. 565 AA, (27), même niveau, même localité.
- 3c. *Ibidem*.
Pygidium, $\times 2$.
Ech. 565 AD, (27), même niveau, même localité.
- 3d. *Acastella tiro* R. et E. RICHTER.
Céphalothorax, $\times 2$ (numéroté par erreur 4 au lieu de 3d sur la planche).
Ech. 565 AB, (27), même niveau, même localité.
4. *Calymene (Calymene) interjecta* HAWLE et CORDA.
Pygidium, $\times 2$.
Ech. 561, (27), même niveau, même localité.
5. *Ptychosphaera constricta* PERNER.
a-b. $\times 2$.
Ech. 563 E, (27), même niveau, même localité.
6. *Bucanella* sp.
a-b-c. moule interne, $\times 1$.
Ech. 555 J, (27), même niveau, même localité.
7. « *Camarotoechia* » sp.
a. valve brachiale; b. valve pédonculaire; $\times 1$.
Ech. 567, (27), même niveau, même localité.
8. *Syringaxon* sp. e. g. *smithi* PRANTL.
a. vue du calice; b. vue extérieure longitudinale; $\times 2$.
Ech. 557 G, (28), niveau marneux entre les deux premiers bancs de calcaires à Trilobites, même localité.
9. *Pleurodictyum mauretanicum* LE MAÎTRE.
a-b. face distale de deux colonies, $\times 1$; c. même individu que 9b, $\times 3$.
Ech. 557 H, (28), même niveau, même localité.
10. *Emmonsia* sp.
 $\times 2,5$.
Ech. 557 V, (28), même niveau, même localité.
11. *Aulopora* sp.
 $\times 2$.
Ech. 557 T, (28), même niveau, même localité.
12. *Acastella tiro* R. et E. RICHTER.
a. céphalothorax; b-c-d. pygidium; $\times 2$.
Ech. 558 et 573 B, (29), deuxième banc calcaire à Trilobites, même localité.



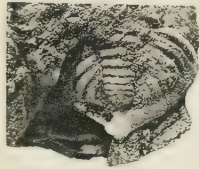
12 b



12 c



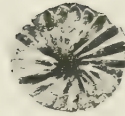
12 a



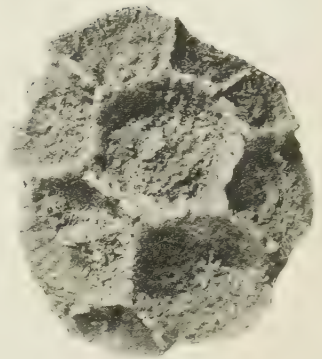
12 d



7 b



8 a



9 c



7 a



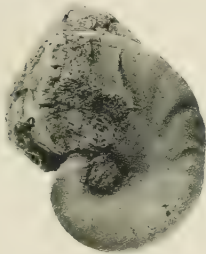
8 b



9 a



9 b



6 a



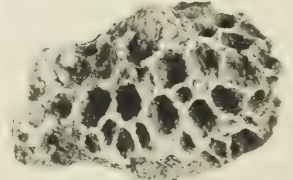
6 b



6 c



11



10



5 a



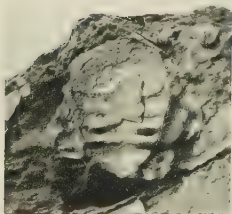
5 b



4



2 b



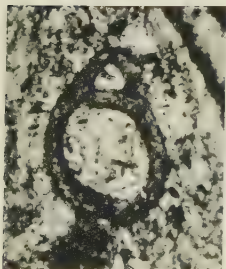
3 a



3 b



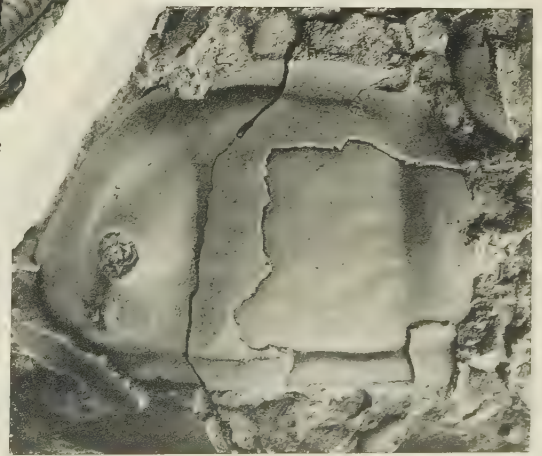
3 c



1



4



2 a

PLANCHE XXXII

PLANCHE XXXII

GedinnienMarno-calcaires à *Acastella tiro* (27-29) (suite)

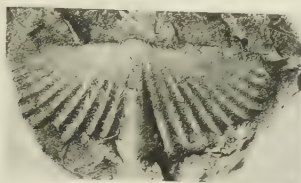
1. *Calymene (Calymene) interjecta* HAWLE et CORDA.
Céphalothorax, $\times 4$. — Ech. 575 B, (29), deuxième banc calcaire à Trilobites, Ouest de Gara Bouya Ali.
2. *Ibidem*.
Céphalothorax, $\times 2$. — Ech. 575 A, (29), même niveau, même localité.
3. *Acaste (Acastella) tiro* R. et E. RICHTER.
Céphalothorax, $\times 2$. — Ech. 558 W, (29), même niveau, même localité.
4. « *Spirifer* » sp. e. g. *mercuri* GOSSELET.
Valve pédonculaire, $\times 2$. — Ech. 573 A, (29), même niveau, même localité.

Siegenien inférieurZone à *Uncinulus oehlerti* (33-43)

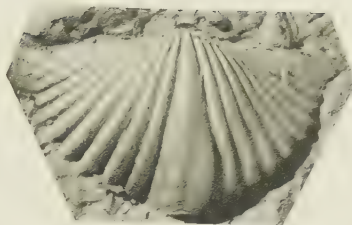
5. *Spirifer* sp.
Valve brachiale, remarquer l'ornementation des côtes, $\times 1$. — Ech. 2105 A, (35), dalle lumachellique d'Iouineght, 1,8 km au NE de Bir Aïdiat.
6. *Dielasma* sp. ?
Valve brachiale, $\times 2$. — Ech. 2003 E, (35), même niveau, falaise juste au NNE de Bir Aïdiat.
7. *Uncinulus oehlerti* BAYLE.
a. valve brachiale; b. commissure frontale; $\times 2$. — Ech. 353 B, (35), même niveau, 5,5 km au WSW d'Aguelt el Fiadh.
8. *Ibidem* (grosses formes).
a. valve brachiale; b. commissure frontale; c. profil; $\times 1$. — Ech. 2105 E, (35), même niveau, même localité que 5.
9. *Ibidem*.
a. valve brachiale; b. commissure frontale; c. profil; $\times 1,5$. — Ech. 2005 A, (40), dalle à Orthocères, petite falaise au NNE de Bir Aïdiat.
10. *Athyris* sp. ?
valve brachiale, $\times 2$. — Ech. 2106 D, (39 bis), dalle calcaire lumachellique, falaise au NNE de Bir Aïdiat.
11. *Athyris* sp.
valve brachiale, $\times 2$. — Ech. 2106 D, (39 bis), même niveau, même localité.

Siegenien supérieurGrès et lumachelles à *A. rousseaui* et *C. trigeri* (44-46)

12. *Uncinulus imperator* BAYLE.
a. valve pédonculaire; b. profil; $\times 1$. — Ech. 2007 bis WL, (44), dalle lumachellique de Bir Aïdiat (dalle rousse), Nord immédiat de Bir Aïdiat.
13. *Costispirifer* sp. e. g. *trigeri* (DE VERNEUIL).
a. valve pédonculaire; b. profil de la même; $\times 1$. — Ech. 2007 bis B, (44), même niveau, même localité.
14. *Ibidem*.
Moule interne : a. valve brachiale; b. profil de la même; $\times 1$. — Ech. 2007 bis B, (44), même niveau, même localité.
15. *Spirifer* cf. *bischofi* ROEMER.
Valve brachiale, $\times 1$. — Ech. 2115 AB, (44), même niveau, sous le Crétacé de la branche centrale-est du massif d'Aïdiat.
16. *Pleurodictyum* sp. e. g. *selcanum* ? GIEBEL.
Face distale d'une colonie, $\times 1$. — Ech. 585 AA, (44), même niveau, NE de Khang Lejouad.
17. *Acrospirifer* sp. e. g. *rousseaui* (ROUAULT).
Contre-empreinte de la valve brachiale, $\times 1$. — Ech. 2133 A, (45), grès et siltstones calcaires à *A. rousseaui* et *C. trigeri*, Douik Çreier.
18. Cf. *Acrospirifer rousseaui* (ROUAULT).
Valve brachiale, $\times 1$. — Ech. 2008 bis A, (45), même niveau; Nord immédiat de Bir Aïdiat.



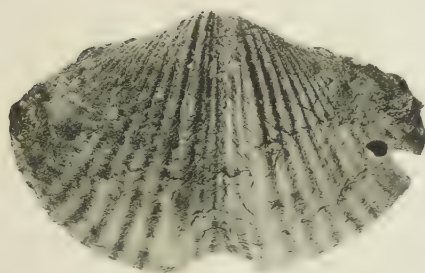
18



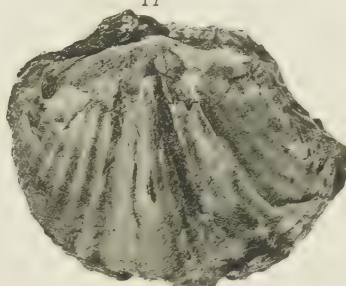
17



16



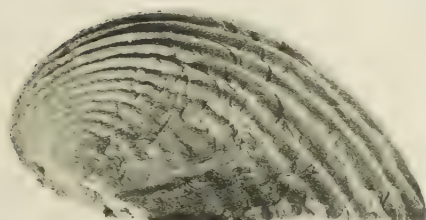
13 a



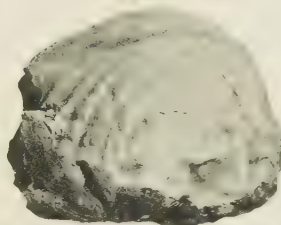
14 a



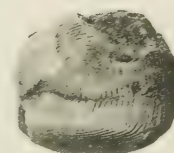
15



13 b



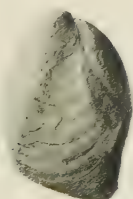
14 b



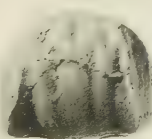
12 b



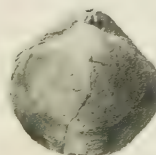
9 a



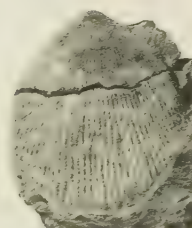
9 c



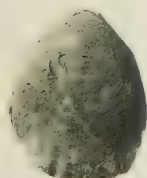
9 b



11



12 a



8 a



8 c



8 b



10



2



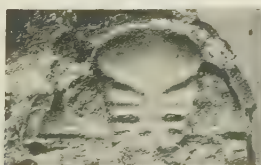
7 a



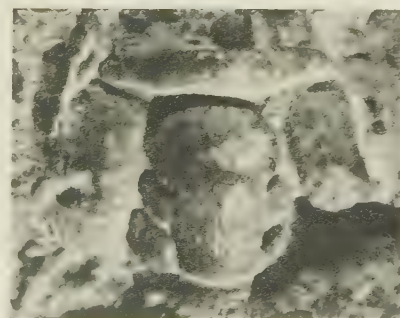
7 b



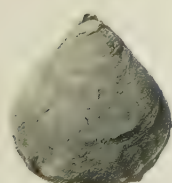
4



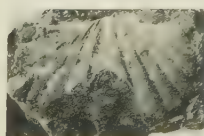
3



1



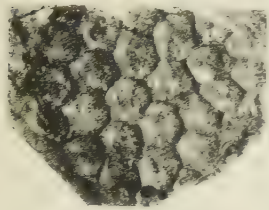
6



5

PLANCHE XXXIII

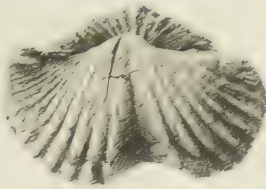
*Siegenien supérieur*Grès et lumachelles à *A. rousseaui* et *C. trigeri* (44-46) (suite)1. ?? *Maurenia arborescens* LE MAITRE.Face distale d'une colonie, $\times 1$. — Ech. 2009 E, (46), niveau grésocalcaire lumachellique à *Athyris undata*, Nord immédiat de Bir Aïdiat.2. *Tryplasma* sp.Vue externe du Polypier, $\times 1$. — Ech. 2009 F, (46), même niveau, même localité.3. *Acrospirifer* sp. e. g. *rousseaui* (ROUAULT).Valve pédonculaire, $\times 1$. — Ech. 2134 E, (46), même niveau, Douik Çreïer.4. *Athyris undata* (DEFrance).a. vue de la valve brachiale; b. commissure frontale: $\times 1$. — Ech. 2134 A, (46), même niveau, même localité.Grès fins à patine noire à *Chonetes* et *Pleurodictyum* (47-51)5. *Costispirifer* sp. e. g. *trigeri* (DE VERNEUIL).Valve brachiale, $\times 1$. — Ech. 2135 B, (48), lumachelle à concrétions d'hématite, Douik Çreïer.6. *Comura* (*Comura*) *praecursor* PILLET.Pygidium, $\times 2$. — Ech. 355 A, (50), grès chloriteux à patine noire à empreintes de Brachiopodes, 500 m à l'Est de Tighirt.7. *Spirifer* sp.Contre-empreinte de la valve brachiale, $\times 1$. — Ech. 2138 A, (50), même niveau, Douik Çreïer.8. Plaquette de grès à patine noire, à empreintes de Lingule, *Chonetes* et « *Trigeria* ». $\times 1$. — Ech. 390 A, (50), même niveau, 3,1 km à l'ESE d'Aguelt Tighirt.Zone des Monstres : Lumachelle à *Acrospirifer primaevus* et *A. fallax* (56)9. « *Athyris* » *sougyi* DROT.a. valve brachiale, $\times 1$; b. profil, $\times 9/10$. — Ech. 330 PA, (56), lumachelle à *Acrospirifer primaevus* et *A. fallax*, environ 2,5 km à l'ESE d'Aguelt Tighirt.10. *Meganteris* sp. e. g. *archiaci* (DE VERNEUIL).a. vue de la valve brachiale; b. profil; $\times 1$. — Ech. 2026 P, (56), même niveau, Sud de Bir Aïdiat.11. *Camarotoechia* cf. *daleidensis* (RÖMER).a. valve brachiale; b. profil; $\times 1$. — Ech. 384 B, (56), même niveau, entre Aguelt Iouineght et Aguelt Oudiate el Khyam.12. « *Gypidula* » sp.a. valve brachiale; b. profil; c. commissure frontale: $\times 1$. — Ech. 330 G, (56), même niveau, environ 2,5 km à l'ESE d'Aguelt Tighirt.13. « *Trigeria* » sp. e. g. *guerangeri* (DE VERNEUIL).a. valve brachiale; b. profil; c. commissure frontale; $\times 1$. — Ech. 2026 J, (56), même niveau, Sud de Bir Aïdiat.



1



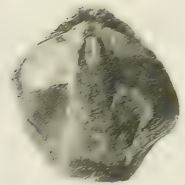
2



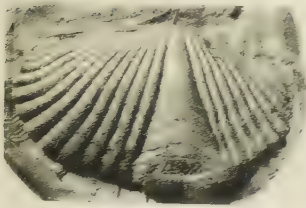
3



4 b



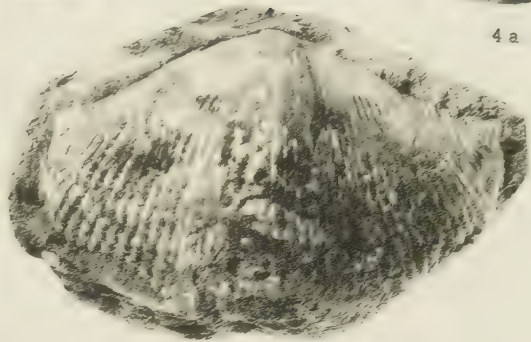
4 a



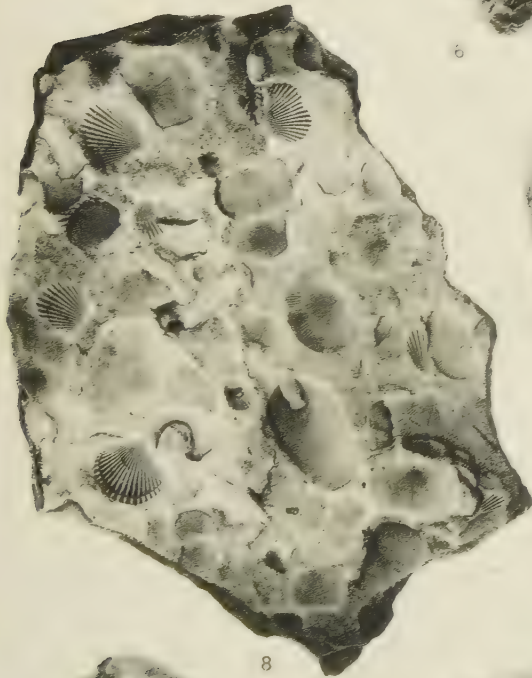
7



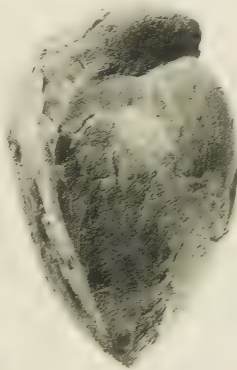
6



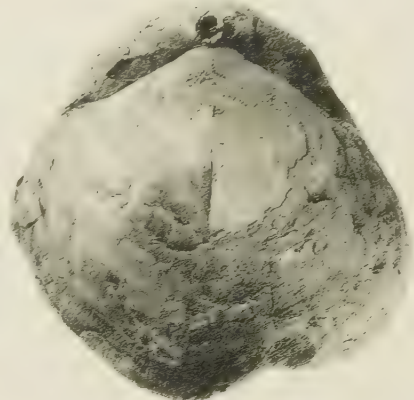
5



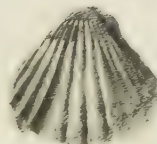
8



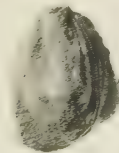
9 b



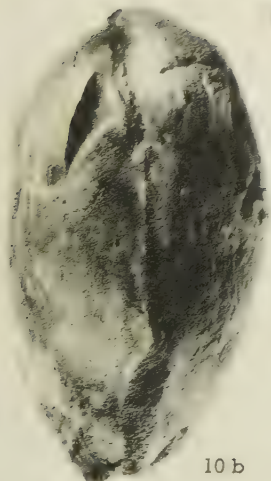
9 a



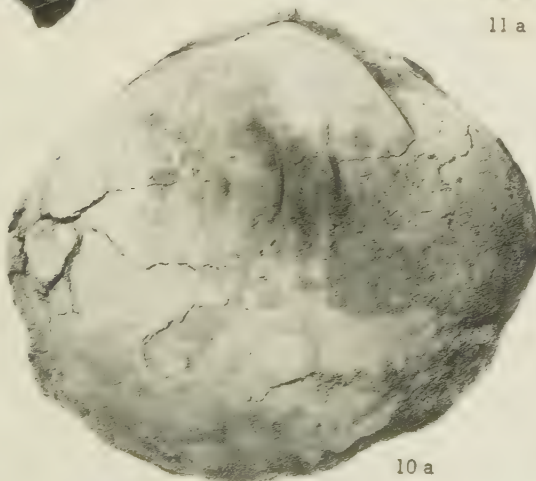
11 a



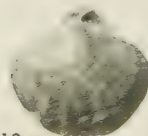
11 b



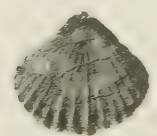
10 b



10 a



12 a



13 a



12 b



13 b



12 c



13 c

PLANCHE XXXIV

PLANCHE XXXIV

*Siegenien supérieur*Zone des Monstres : Lumachelle à *A. primaevus* et *A. fallax* (56) (suite)1. *Acrospirifer fallax* (GIEBEL).*a.* vue brachiale; *b.* vue frontale; *c.* profil; $\times 1$.Ech. 2141 A, (56), lumachelle à *A. primaevus* et *A. fallax* (zone des Monstres), Douik Çreïer.2. *Ibidem.*Vue brachiale, $\times 1$.

Ech. 2141 A, (56), même niveau, même localité.

3. *Straelenia papilio* (KRANTZ) var. *zemmourensis* DROT.*a.* valve brachiale; *b.* commissure frontale; $\times 1$.

Ech. 2013 D, (56), même niveau, Nord de Bir Aïdiate.

4. *Ibidem.**a.* valve brachiale; *b.* commissure frontale; *c.* profil; $\times 1$.

Ech. 330 L, (56), même niveau, base de la falaise de Tighirt.

5. *Ibidem.**a.* valve brachiale; *b.* commissure frontale; *c.* profil; $\times 1$.

Ech. 2026 E, (56), même niveau, Sud de Bir Aïdiate.

6. *Haplospira* ? sp.*a.* côté opposé à l'embouchure; *b.* embouchure; *c.* spire; $\times 2$.

Ech. 2013 G, (56), même niveau, Nord de Bir Aïdiate.

Lumachelles supérieures à « *Trigeria* » sp. e. g. *guerangeri* (57-60)7. *Bembexia* cf. *larteti* MUNIER-CHALMAS.*a.* profil; *b.* vue apicale, remarquer l'ornementation; $\times 1$.

Ech. 591, (57), lumachelles au-dessus de la zone des Monstres, Nord de Khang Lejouad.



PLANCHE XXXV

PLANCHE XXXV

Emsien supérieur ?Grès, calcaires et lumachelles à *A. sp. e. g. paradoxus-pellico* (61-66)1. *Loxonema* sp.Noter l'ornementation conservée sur trois spires, $\times 1$.

Ech. 595, (62), calcaire cristallin à entroques, à Orthocères, Ostracodes et Gastéropodes, Nord de Khang Lejouad, bordure est de l'Aïn Terguit.

2. *Acrospirifer* sp. e. g. *paradoxus* (SCHLOTH.) - *pellico* (D'ARCH. et DE VERN.).Valve pédonculaire, $\times 1$.Ech. 2101 D, (66), lumachelle à *A. sp. e. g. paradoxus - pellico*, Sud de Bir Aïdiat.3. Association de faune de la lumachelle à *A. sp. e. g. paradoxus - pellico*.Deux valves pédonculaires d'*Acrospirifer* sp. e. g. *paradoxus - pellico*; valves d'*Uncinulus kayseri*; $\times 1$.

Ech. 2101, (66), même niveau, même localité.

4-5. *Uncinulus kayseri* BARROIS.a. valve brachiale; b. profil; c. commissure frontale; $\times 2$.

Ech. 2101 A, (66), même niveau, même localité.

6. *Paraspirifer* sp. e. g. *auriculatus* (SANDBERGER).Valve pédonculaire, $\times 1$.

Ech. 2101 E, (66), même niveau, même localité.

7-8. *Disphyllum* (*Phacellophyllum*) *trigemne* (QUENST.).Vue générale de deux spécimens, $\times 2$.

Ech. 2101 I, (66), même niveau, même localité.

Couvinien inférieur ?Grès-quartzites à *Tropidoleptus* (69)9. *Homalonotus* sp.Fragment thoracique, $\times 3/4$.Ech. 2124 B, (69), grès-quartzites à *Tropidoleptus*, terminaison périclinal à l'Ouest du massif d'Aïdiat.10-12. *Tropidoleptus* sp. e. g. *carinatus* (CONRAD).10. Moule externe d'une valve pédonculaire; 11-12. Moules internes de deux valves brachiales; $\times 1$.
Ech. 2119 D, (69), même niveau, pied des buttes-témoins centre-est du massif d'Aïdiat.13. *Tentaculites sougyi* LARDEUX.a. vue générale des empreintes sur une plaque de grès, $\times 1$;b. deux spécimens en empreintes, $\times 1$; c. trois spécimens en empreintes, $\times 2$.

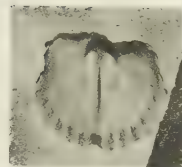
Ech. 2114, (69), même niveau ?, position stratigraphique mal précisée (zone tectonisée), 3,5 km à l'WSW de Bir Aïdiat.



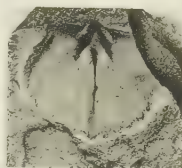
13 a



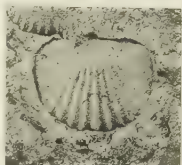
13 c



12



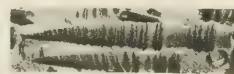
11



10



9



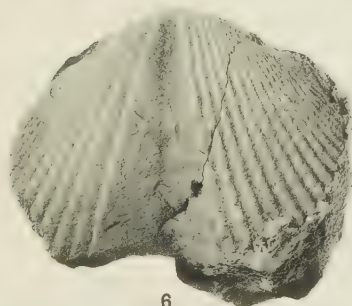
13 b



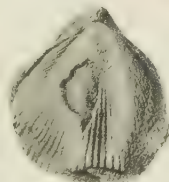
7



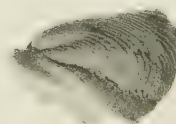
8



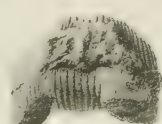
6



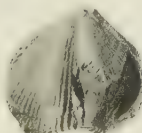
5 a



5 b



5 c



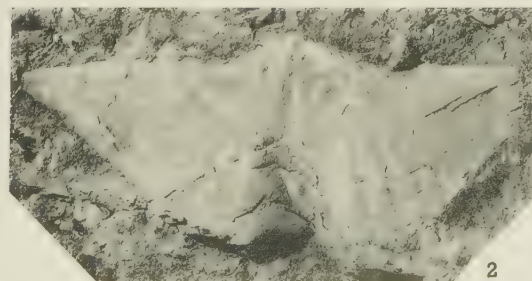
4 a



4 b



4 c



2



1



3

PLANCHE XXXVI

Couvinien inférieur
Grès de Tighirt *sensu lato* (67-76)

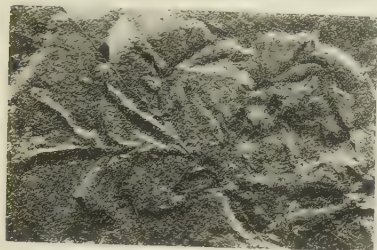
1. *Treveropyge boopis* (R. RICHTER) ?
Pygidium, $\times 1,5$. — Ech. 2127, (74 bis), petits bancs calcaires interstratifiés dans les siltstones argileux de Tighirt, talus de la grande falaise de Tighirt.
2. *Phacops* sp.
Anneaux thoraciques, $\times 1$. — Ech. 2128, (74 bis), même niveau, même localité.
3. *Scutellum* (*Paralejulius*) *dormitzeri dormitzeri* (BARRANDE).
Spécimen presque complet, $\times 1$. — Ech. 357 KB, (74 bis), même niveau, même localité.
- 4-5. *Cyathocrinites pinnatus* GOLDFUSS.
4. vue longitudinale d'un fragment de tige; 5 a-b. vue des deux surfaces articulaires; $\times 1$. — Ech. 357 A, (74), siltstones argileux de Tighirt, même localité.
6. *Uncinulus lodanensis* BURHENNE.
a. valve brachiale; b. commissure frontale du même spécimen; $\times 1$. — Ech. 357 I, (74), même niveau, même localité.
7. *Isorthis* sp. e. g. *tetragona* (RÖMER).
Valve brachiale montrant les empreintes musculaires, $\times 1$. — Ech. 493 A, (74), base du même niveau, base du talus de la falaise de Tighirt.
8. *Rhipidomella* sp. e. g. *vanuxemi* (HALL).
Valve pédonculaire montrant les empreintes musculaires, $\times 1$. — Ech. 377 A, (74), même niveau, zone plissée à environ 4,5 km à l'Ouest d'Aguelt Oudiate el Khyam.
9. *Mesoconularia* cf. *aliena* BARRANDE.
a. vue d'ensemble, $\times 1$; b. détail de l'ornementation, $\times 5$. — Ech. 496, (74), siltstones argileux de Tighirt, talus de la falaise de Tighirt à son extrémité nord.
10. *Acrospirifer* sp.
Moule interne, remarquer la longueur exceptionnelle des mucrons, $\times 1$. — Ech. 2083 A, (75), grès-quartzites de Tighirt, sommet de la falaise de Tighirt.
11. *Treveropyge boopis* (R. RICHTER) ?
Pygidium, $\times 1$. — Ech. 454 A, (75), grès-quartzites de Tighirt, face ouest de Douik el Akhdhar.

Grès calcaires à *Paraspirifer cultrijugatus* (77)

12. *Phacops* (*Phacops*) *fecundus major* BARRANDE.
Céphalothorax, $\times 1$. — Ech. 2150 E, (77), grès calcaires et calcaires gréseux chamois à *P. cultrijugatus*, première apparition de cette formation à l'Ouest de Douik Çreier.
13. *Spirifer* sp.
a. valve brachiale; b. commissure frontale; $\times 1$. — Ech. 2152 A, (77), même niveau, même localité.
14. *Paraspirifer cultrijugatus* (RÖMER).
a. vue de la valve brachiale; b. vue frontale; c. profil; $\times 1$. — Ech. 2024 AA, (77), même niveau, NW immédiat de Bir Aïdiate.

Grès fins à patine noire à *Mucrospirifer* et Plantes (?) (78)

15. Empreinte de Plante (?)
Les deux rameaux de droite présentent un limbe étalé, $\times 1$. — Ech. 489 A, (78), grès à Plantes du sommet des grès de Tighirt (s.l.); flanc ouest du deuxième anticlinal à l'Est de celui de Douik el Akhdhar, à 8 km au NNW d'Aguelt Oudiate el Khyam.
16. Empreinte de Plante (?)
 $\times 3/4$. — Ech. 445 B, (78), même niveau, flanc ouest d'un double anticlinal à 6 km à l'WNW d'Aguelt Tighirt.
17. Empreinte de Plante (?)
Limbe étalé, $\times 1$. — Ech. 488 A, (78), même niveau, flanc est du premier anticlinal à l'Est de celui de Douik el Akhdhar.



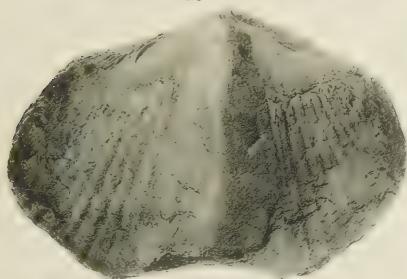
15



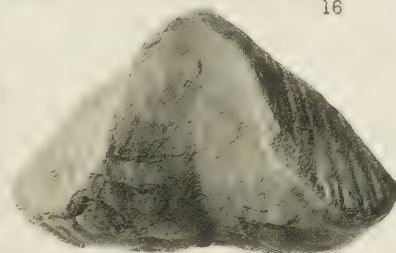
16



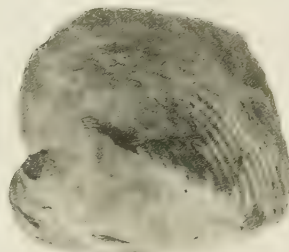
17



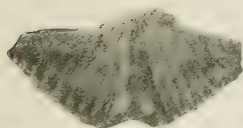
14 a



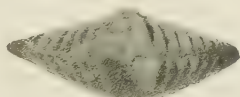
14 b



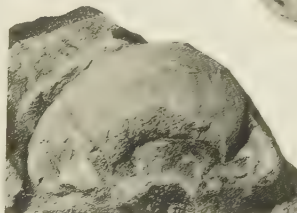
14 c



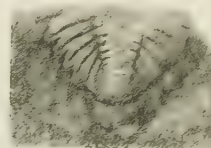
13 a



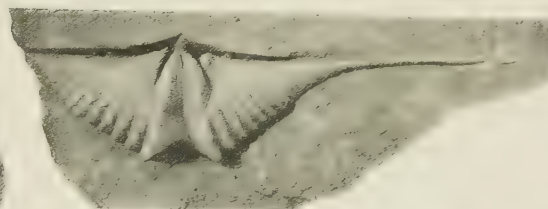
13 b



12



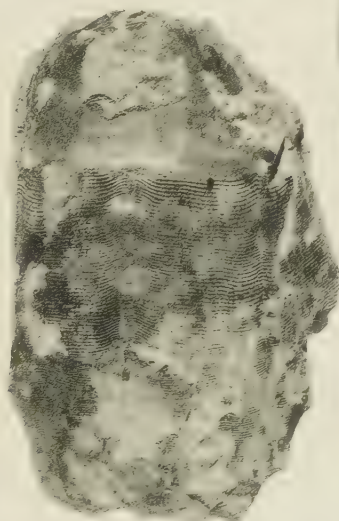
11



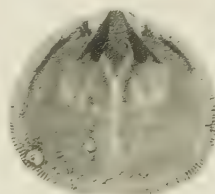
10



9 b



9 a



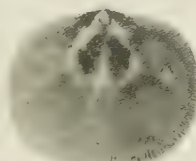
8



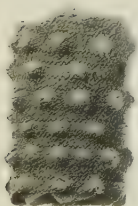
6 a



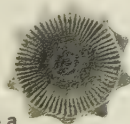
6 b



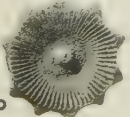
7



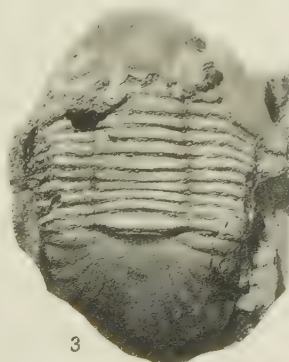
4



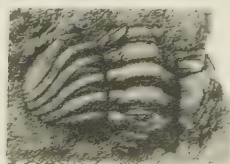
5 a



5 b



3



2



1

PLANCHE XXXVII

PLANCHE XXXVII ---

Couvinien inférieur.

Niveaux à Plantes (?) des grès de Tighirt *sensu lato* (69, 75 et 78)

1. Empreintes de Plante (?) à disposition rayonnante.

Tous les axes semblent diverger à partir d'un même point, $\times 3/8$.
Ech. 499, (75), grès-quartzites de Tighirt, flanc ouest de Tighirt.

2. Débris de Plantes (?)

Pourraient aussi être des traces (?), $\times 2/3$.
Ech. 358 B, (75), même niveau, sommet de la falaise de Tighirt.

3. Empreinte d'Algue (?)

a. les divisions s'élargissent en forme de limbe vers l'extrémité, $\times 1$; b-c. détails du même spécimen montrant des amorces de nervation (?) notamment au centre de 3c; $\times 2$.
Ech. 426 A, (75), même niveau, grand anticlinal à 3,5 km à l'Ouest de Douik el Akhdhar.

4. Empreinte de Plante (?)

Tige spiralée rappelant les Psilophytales, $\times 3/4$.
Ech. 455 A, (69 ?), grès de Tighirt s.l., Douik el Akhdhar.

5. Empreintes de Plante.

Cet échantillon peut difficilement être attribué à des traces d'animaux de préférence à des Plantes; $\times 1$.
Ech. 490 A, (78), grès à Plantes du sommet des grès de Tighirt s.l., anticlinal faillé à 4 km au SW d'Aguelit Tighirt.

6-7. Empreintes de Plantes (?)

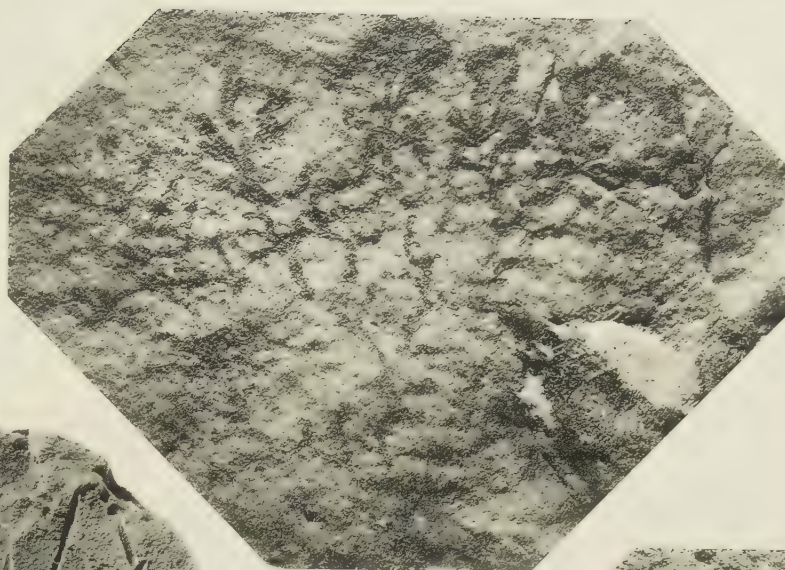
$\times 1$.
Ech. 445 A, (78), même niveau, flanc ouest d'un double anticlinal à 6 km à l'WNW d'Aguelit Tighirt.

8. Empreintes de Plante (?)

$\times 1$.
Ech. 457 A, (78), même niveau, flanc est du grand anticlinal situé à l'Est de celui de Douik el Akhdhar.



8



3 a



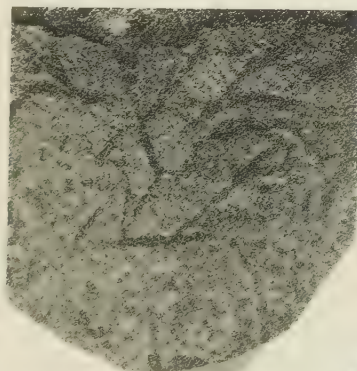
6



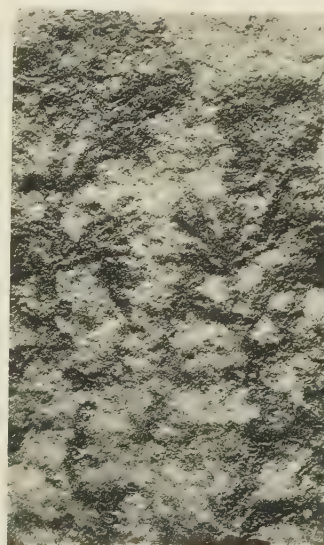
7



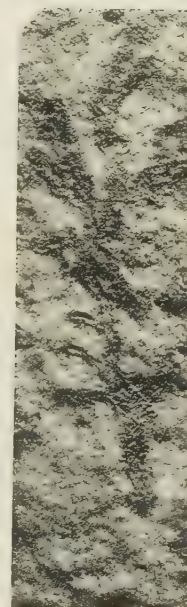
4



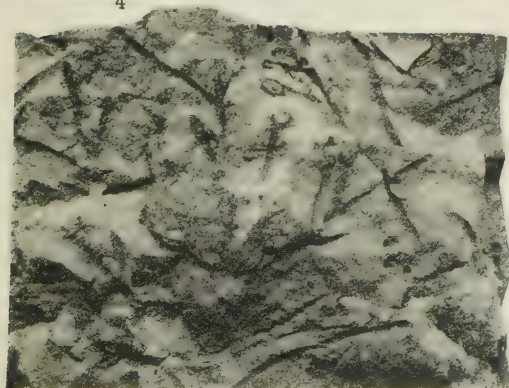
5



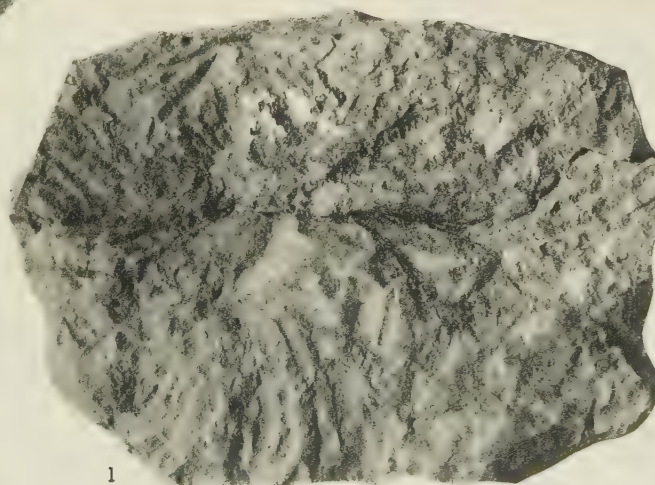
3 b



3 c



2



1

PLANCHE XXXVIII

*Couvinien supérieur*Biostrome à *Cystiphyllidés* et bioherme d'Aïdiate (79)1. *Prismatophyllum* (= *Hexagonaria*) sp.

Face supérieure d'une colonie, $\times 2/3$. — Ech. 2153 AA, (79), niveau à Polypiers au-dessus des luma-chelles à *P. cultrijugatus*, Ouest de Douik Çreier.

2. *Cyathophyllum helianthoides* GOLDFUSS.

Vue du calice, $\times 1$. — Ech. 2153 AB, (79), même niveau, même localité.

3. ? « *Cystiphyllum* » *sulcatum* BILLINGS.

a. vue extérieure, côté convexe; b. vue du calice; $\times 1,5$. — Ech. 2153 AD, (79), même niveau, même localité.

4. *Poteriocrinus* ?

a. profil d'un fragment de tige; b. surface articulaire; $\times 1$. — Ech. 423 A, (79), récif à 3 km au SW de Bir Aïdiate.

Marno-calcaires à *Acrospirifer speciosus* et *Scoliophyllum lamellosum* (80)5. *Lithophyllum* cf. *vesiculosum* (GOLDFUSS).

Profil, $\times 1$. — Ech. 399 E, (80), marno-calcaires à *Acrospirifer speciosus*, petite falaise à 1,5 km à l'ENE d'Agueli Oudiate el Khyam.

6. *Triplophyllum* indét. sp.

a. vue du calice; b. vue extérieure, côté convexe; $\times 1$. — Ech. 518 AD, (80), même niveau, petit anticlinal à l'Ouest de Tighirt.

7. Polypier indéterminé.

Vue externe, $\times 1$. — Ech. 399 G, (80), même niveau, même localité que 5.

8. *Hadrophyllum pauciradiatum* M. EDWARDS et HAIME.

a. calice; b. vue externe; $\times 1,5$. — Ech. 399 I, (80), même niveau, même localité que 5.

9. *Ibidem*.

a. calice; b. vue externe; $\times 1,5$. — Ech. 518 AB, (80), même niveau, même localité que 6.

10. *Scoliophyllum* (*Cystiphyllum*) *lamellosum* (GOLDFUSS).

a. côté externe du Polypier, $\times 1$; b. vue du calice du même individu, $\times 1$; c. côté externe d'un autre individu, $\times 3/4$. — Ech. 399 F, (80), même niveau, même localité que 5.

11. *Ibidem*.

a. vue d'un calice, $\times 1$; b. vue externe d'un autre individu, $\times 3/4$; c. calice du même, $\times 3/4$. — Ech. 487 Y, (80), même niveau, 8,5 km au NNW d'Agueli Oudiate el Khyam.

12. « *Cystiphyllum* » *ohiensis* NICH.

[Polypier très semblable par ses caractères externes à « *Cystiphyllum* » *varians* HALL].

Vue du calice, $\times 1,5$. — Ech. 2103 XF, (80), même niveau, 3,2 km au NW de Bir Aïdiate.

13. *Lithophyllum* (= *Zonophyllum*) cf. *septatum* WDK.

a. vue extérieure de profil; b. vue du calice du même individu; c. calice d'un autre individu; $\times 1$. — Ech. 2103 XC, (80), même niveau, même localité.



PLANCHE XXXIX

PLANCHE XXXIX

*Couvinien supérieur*Marno-calcaires à *A. speciosus* et *S. lamellosum* (80) (suite)

1. *Phacops (Phacops) schlotheimi* BRONN.
Spécimen enroulé : a. céphalothorax; b. vue frontale; c. pygidium; d. profil; $\times 2$. — Ech. 517 MA, (80), niveau à *A. speciosus*, premier petit anticlinal faillé à l'Ouest de Tighirt.
2. *Proetus (Proetus) orbitatus* (BARRANDE).
Spécimen enroulé : a. céphalothorax et premiers anneaux thoraciques; b. céphalothorax; c. pygidium; d. profil; $\times 2$. — Ech. 376 T, (80), même niveau, zone plissée à environ 4 km à l'Ouest d'Agueli Oudiate el Khyam.
3. *Ibidem*.
Spécimen déroulé : a. vue dorsale; b. profil; $\times 2$. — Ech. 516, (80), même niveau, Ouest d'Agueli Oudiate entre les oglats et la daïa.
4. « *Trigéria* » sp. e. g. *guerangeri* (VERN.).
a. valve brachiale; b. profil; c. vue frontale; $\times 1$. — Ech. 399 EJ, (80), même niveau, petite falaise à 1,5 km à l'ENE d'Agueli Oudiate el Khyam.
5. *Cyrtina heteroclyta* (DEFrance).
Vue de l'aréa, $\times 1$. — Ech. 518 WA, (80), même niveau, même localité que 1.
6. « *Delthyris* » *macrorhynchus* (SCHNUR).
a. vue brachiale; b. profil; c. vue frontale; $\times 1$. — Ech. 376 G, (80), même niveau, même localité que 2.
7. *Eoreticularia curvata* (SCHLOTHEIM).
a. vue brachiale; b. vue frontale; c. profil; $\times 1$. — Ech. 518 B, (80), même niveau, même localité que 1.
8. *Acrospirifer speciosus speciosus* (AUCTORUM).
Vue brachiale d'une forme transverse, $\times 1$. — Ech. 376 B, (80), même niveau, même localité que 2.
9. *Mucrospirifer* sp. e. g. *mucronatus* (CONRAD).
a. vue brachiale; b. vue frontale; $\times 1$. — Ech. 518 D, (80), même niveau, même localité que 1.
10. *Mucrospirifer diluvianus* (STEININGER).
a. vue brachiale; b. vue frontale; c. profil; $\times 1$. — Ech. 517 J, (80), même niveau, même localité que 1.
11. *Camarotoechia* sp. e. g. *betterbergiana* Herta SCHMIDT.
a. vue brachiale; b. profil; $\times 1$. — Ech. 376 AE, (80), même niveau, même localité que 2.
12. *Kayseria lens* (PHILLIPS).
a. vue brachiale; b. profil; $\times 1$. — Ech. 399 QF, (80), même niveau, même localité que 4.
13. *Rhipidomella penelope* (HALL).
a. vue extérieure de la valve brachiale; b. vue intérieure de la même, montrant les empreintes musculaires; $\times 1$. — Ech. 518 I, (80), même niveau, même localité que 1.
14. *Pholidostrophia lepis* (BRONN).
a. vue de la valve brachiale; b. vue de la valve pédonculaire; $\times 1$. — Ech. 376 F, (80), même niveau, même localité que 2.
15. *Stropheodonta* sp. e. g. *demissa* (CONRAD).
Vue de la valve brachiale et de l'aréa, $\times 1$. — Ech. 517 G, (80), même niveau, même localité que 1.
16. *Athyris spiriferoides* EATON.
Moule interne : vue de la valve brachiale, $\times 1$. — Ech. 2103 W, (80), même niveau, 3,2 km au NW de Bir Aïdiat.
17. Crinoïde indéterminé.
a-b. primibrachiales spiniformes, $\times 1,5$. — Ech. 519, (80), même niveau, même localité que 1.



PLANCHE XL

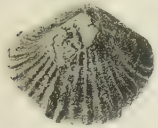
PLANCHE XL

*Couvinien supérieur*Marno-calcaires à *A. speciosus* et *S. lamellosum* (80) (suite)

1. « *Camarotoechia* » sp.
a. valve brachiale; b. vue frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 518 N, (80), marno-calcaires à *A. speciosus*, premier petit anticlinal faillé à l'Ouest de Tighirt.
2. *Uncinulus* sp. e. g. *betterbergiana* Herta SCHMIDT.
a. valve brachiale; b. vue frontale; c. profil; $\times 3$.
Ech. 518 NA, (80), même niveau, même localité.

*Givetien inférieur*Marno-calcaires à *Werneroceras crispiforme* (81)

3. *Wedekindella* cf. *clarkei* (HOLZAPFEL).
a. vue latérale; b. vue frontale du même; $\times 2$.
Ech. 2081 B, (81), marno-calcaires à *W. crispiforme*, gisement de Goniaticites à 7 km SSW de Bir Aïdiat.
4. *Foordites psittacinum* (WHIDBORNE).
a. vue latérale; b. vue frontale du même; $\times 2$.
Ech. 2081 C, (81), même niveau, même localité.
5. *Agoniatites costulatus* (D'ARCHIAC et DE VERNEUIL).
a. vue latérale; b. vue frontale du même; $\times 1,5$.
Ech. 2081 A, (81), même niveau, même localité.
6. *Werneroceras crispiforme* (KAYSER) [= *Anarcestes rouvillei* (VON KOENEN)].
a. vue latérale; b. vue frontale; $\times 1$.
Ech. 2081 E, (81), même niveau, même localité.
7. *Ibidem*.
Exemplaire montrant les tubercules, $\times 3/4$.
Ech. 2081 EA, (81), même niveau, même localité.
8. *Ibidem*.
Petit exemplaire montrant l'ornementation externe, $\times 1$.
Ech. 2081 EB, (81), même niveau, même localité.
9. *Agoniatites* sp.
a. vue latérale; b. vue ventrale du même exemplaire; $\times 3/4$.
Ech. 343 AB, (81), même niveau, 800 m au SSE d'Aguel Nebka.
10. *Ibidem*.
Vue latérale d'un autre exemplaire, $\times 3/4$.
Ech. 343 AB, (81), même niveau, même localité.
11. *Subanarcestes macrocephalus* (BEYRICH) emend. SCHINDEWOLF.
a. vue latérale; b. vue frontale du même exemplaire; $\times 1$.
Ech. 2081 F, (81), même niveau, même localité que 3.
12. *Anarcestes lateseptatus* (BEYRICH) var. *plebeia* (BARRANDE)
a. vue latérale; b. vue frontale du même exemplaire; $\times 1$.
Ech. 343 AA, (81), même niveau, même localité que 9.



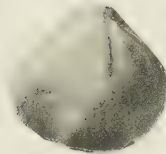
1 a



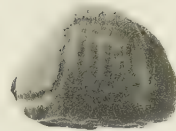
1 b



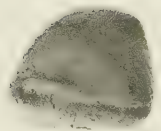
1 c



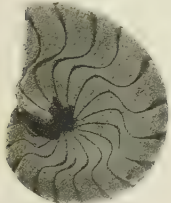
2 a



2 b



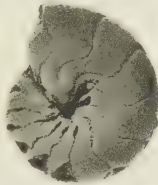
2 c



3 a



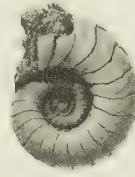
3 b



4 a



4 b



5 a



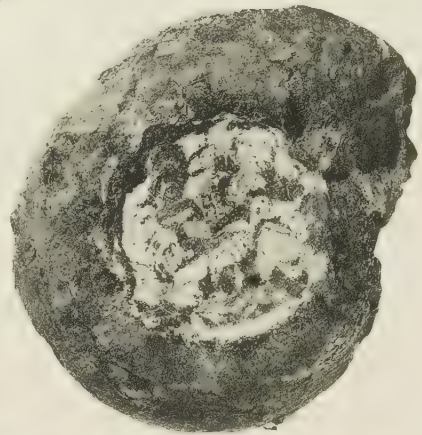
5 b



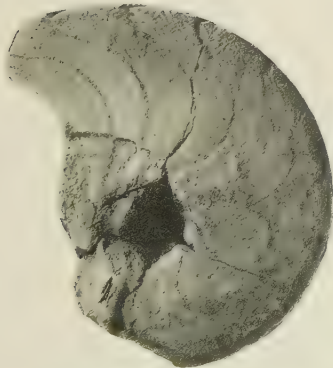
6 a



6 b



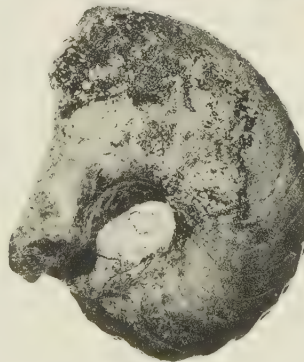
7



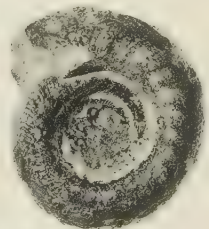
9 a



9 b



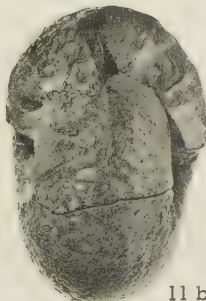
10



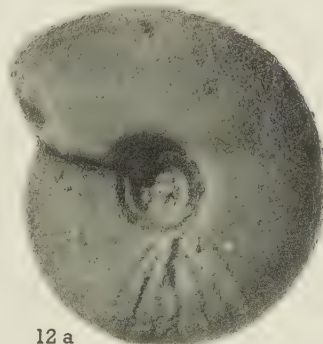
8



11 a



11 b



12 a



12 b

PLANCHE XLI

PLANCHE XLI

*Givetien inférieur*Marno-calcaires à *Werneroceras crispiforme* (81) (suite)1. *Anarcestes lateseptatus* (BEYRICH) var. *plebeia* (BARRANDE).

a. vue latérale d'un exemplaire montrant l'ornementation; b. vue frontale du même; $\times 1$.
Ech. 343 AA, (81), marno-calcaires à *W. crispiforme*, 800 m au SSE d'Aguelte Nebka.

2. *Ibidem*.

Section d'un autre exemplaire, $\times 1$.
Ech. 343 AA, (81), même niveau, même localité.

3. *Bactrites* sp.

a. vue latérale; b. vue ventrale du même, montrant la position du siphon; $\times 1,5$.
Ech. 343 K, (81), même niveau, même localité.

4. *Receptaculites* cf. *neptuni* DEFRANCE.

Fragment central de la coupe, $\times 1$.
Ech. 401 C, (81), même niveau, petite falaise à 1,5 km à l'ENE d'Aguelte Oudiate el Khyam.

5. *Phacops* (*Phacops*) *fecundus degener* BARRANDE.

a. vue du céphalothorax et des premiers anneaux thoraciques; b. céphalothorax et pygidium; c. profil;
d. pygidium; $\times 1,5$.
Ech. 2082 CB, (81), même niveau, gisement de *Goniatites* à 7 km au SSW de Bir Aïdiate.

6. *Pseudocryphaeus* ? *mesocristata* (LE MAÎTRE) var. *jacqueti* PILLET.

a. céphalothorax; b. profil; c. céphalothorax vu de face; $\times 2$.
Ech. 2082 CA, (81), même niveau, même localité.

7. *Neometacanthus* (*Neometacanthus*) *stellifer* (BURMEISTER).

Pygidium, $\times 2$.
Ech. 2082 M, (81), même niveau, même localité.

8. *Ruedemannia* ? sp.

a. côté opposé à l'ouverture; b. côté de l'ouverture; $\times 2$.
Ech. 2082 K, (81), même niveau, même localité.

9. *Tropidodiscus* ? sp.

a. vue de la spire; b. côté de l'ouverture; $\times 3$.
Ech. 2082 AY, (81), même niveau, même localité.

10. *Rensselandia* sp.

Vue de la valve brachiale, $\times 1$.
Ech. 343 S, (81), même niveau, même localité que 1.

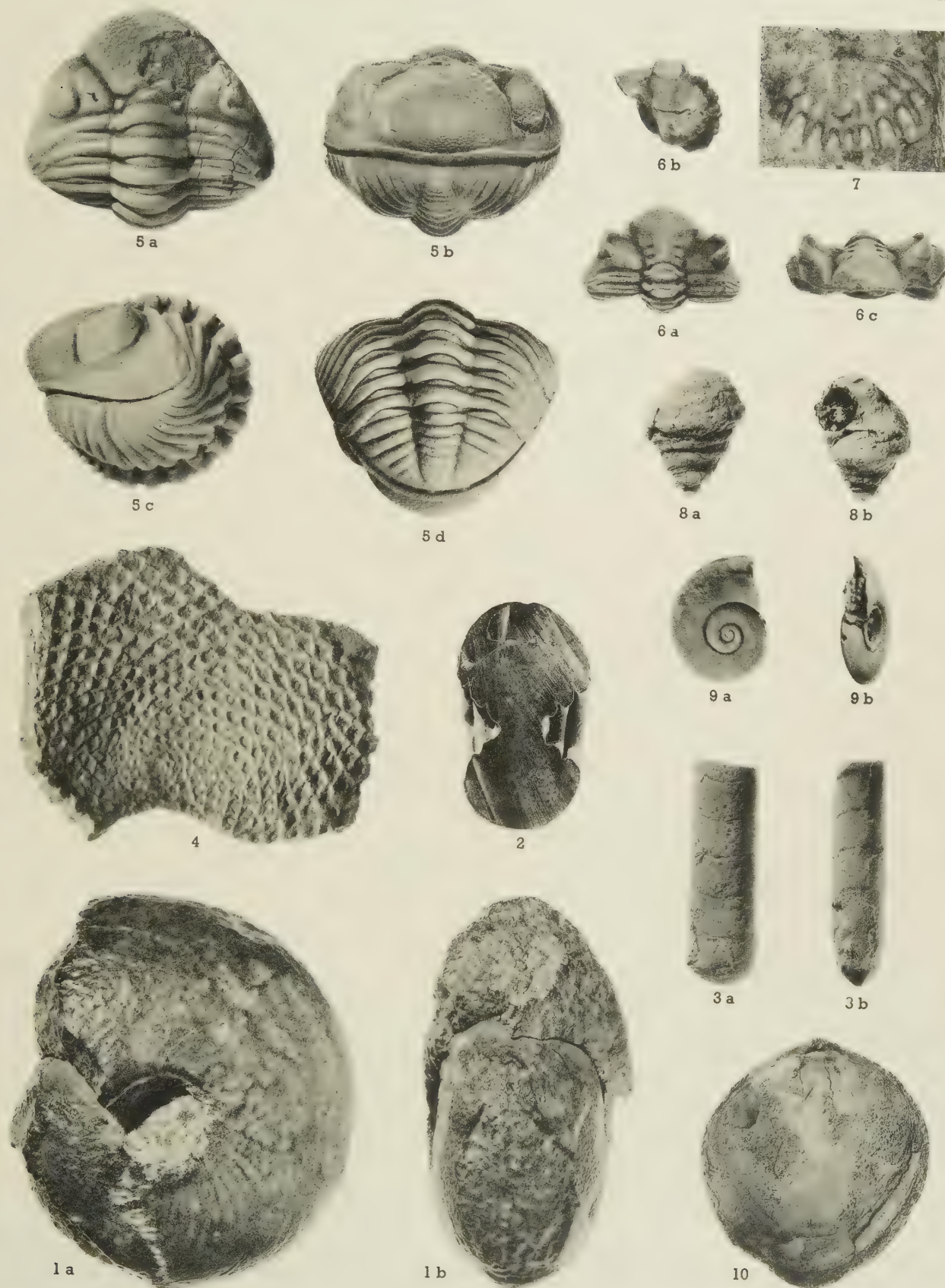


PLANCHE XLII

*Givetien inférieur*Marno-calcaires à *Werneroceras crispiforme* (81) (suite)

1. *Dicamara prunulum* (SCHNUR).
a. commissure frontale; b. profil; $\times 1$.
Ech. 2082 F, (81), marno-calcaires à *W. crispiforme*, gisement de Goniaticites à 7 km au SSW de Bir Aidiat.
2. *Pugnax* sp. e.g. *pugnoides* (SCHNUR).
a. vue brachiale; b. vue frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 2082 H, (81), même niveau, même localité.
3. *Pugnax pugnoides* (SCHNUR) var. 1.
a. valve brachiale; b. commissure frontale; $\times 1$.
Ech. 2082 AC, (81), même niveau, même localité.
4. *Pugnax pugnoides* (SCHNUR) var. 2.
a. valve brachiale; b. vue frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 2082 G, (81), même niveau, même localité.
5. *Pugnax pugnoides* (SCHNUR) var. 3.
Valve brachiale, $\times 1$.
Ech. 2082 ACA, (81), même niveau, même localité.
6. *Camarotoechia* sp.
a. valve brachiale; b. profil; $\times 1$.
Ech. 343 H, (81), même niveau, 800 m au SSE d'Aguelit Nebka.
7. *Ucinulus parallelepipedus* (BRONN).
a. valve brachiale; b. commissure frontale; c. profil; $\times 2$.
Ech. 401 G, (81c), même niveau, petite falaise à 1,5 km à l'ENE d'Aguelit Oudiat el Khyam.
8. *Hypothyridina procuboides* (KAYSER).
a. valve brachiale; b. commissure frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 2082 AM, (81), même niveau, même localité que 1.
9. *Camarotoechia* sp.
a. valve pédonculaire; b. commissure frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 400 M, (81a), même niveau, même localité que 7.
10. *Isopoma brachypticta* (SCHNUR).
a. valve brachiale; b. commissure frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 401 ME, (81c), même niveau, même localité que 7.
11. *Hysterolites elegans* (STEININGER).
a. vue brachiale; b. vue frontale; $\times 1$.
Ech. 2082 B, (81), même niveau, même localité que 1.
12. *Reticularia* sp. e.g. *aviceps* (KAYSER).
a. vue brachiale; b. vue frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 2082 AG, (81), même niveau, même localité.
13. *Dicamara prunulum* (SCHNUR).
a. vue brachiale; b. vue frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 343 J, (81), même niveau, même localité que 6.
14. *Plectospira longirostris* (KAYSER).
a. vue brachiale, $\times 1$; b. vue brachiale; c. vue frontale; d. profil; $\times 3$.
Ech. 2082 D, (81), même niveau, même localité que 1.
15. *Gypidula* sp. e.g. *galeata* (DALMAN).
a. vue brachiale; b. profil; c. commissure frontale; $\times 1$.
Ech. 401 AH, (81c), même niveau, même localité que 7.
16. *Gypidula* cf. *globus* (BRONN).
a. vue brachiale; b. profil; c. vue frontale; $\times 1$.
Ech. 401 AL, (81c), même niveau, même localité.
17. *Gypidula chouberti* H. et G. TERMIER.
a. vue brachiale; b. vue frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 2082 J, (81), même niveau, même localité que 1.
18. *Aulacella interlineata* (SOWERBY).
a. valve brachiale; b. profil; $\times 1$.
Ech. 2082 AE, (81), même niveau, même localité.
19. *Ibidem*.
Moule interne montrant les empreintes musculaires : a. valve pédonculaire; b. valve brachiale; $\times 2$.
Ech. 2082 AE, (81), même niveau, même localité.

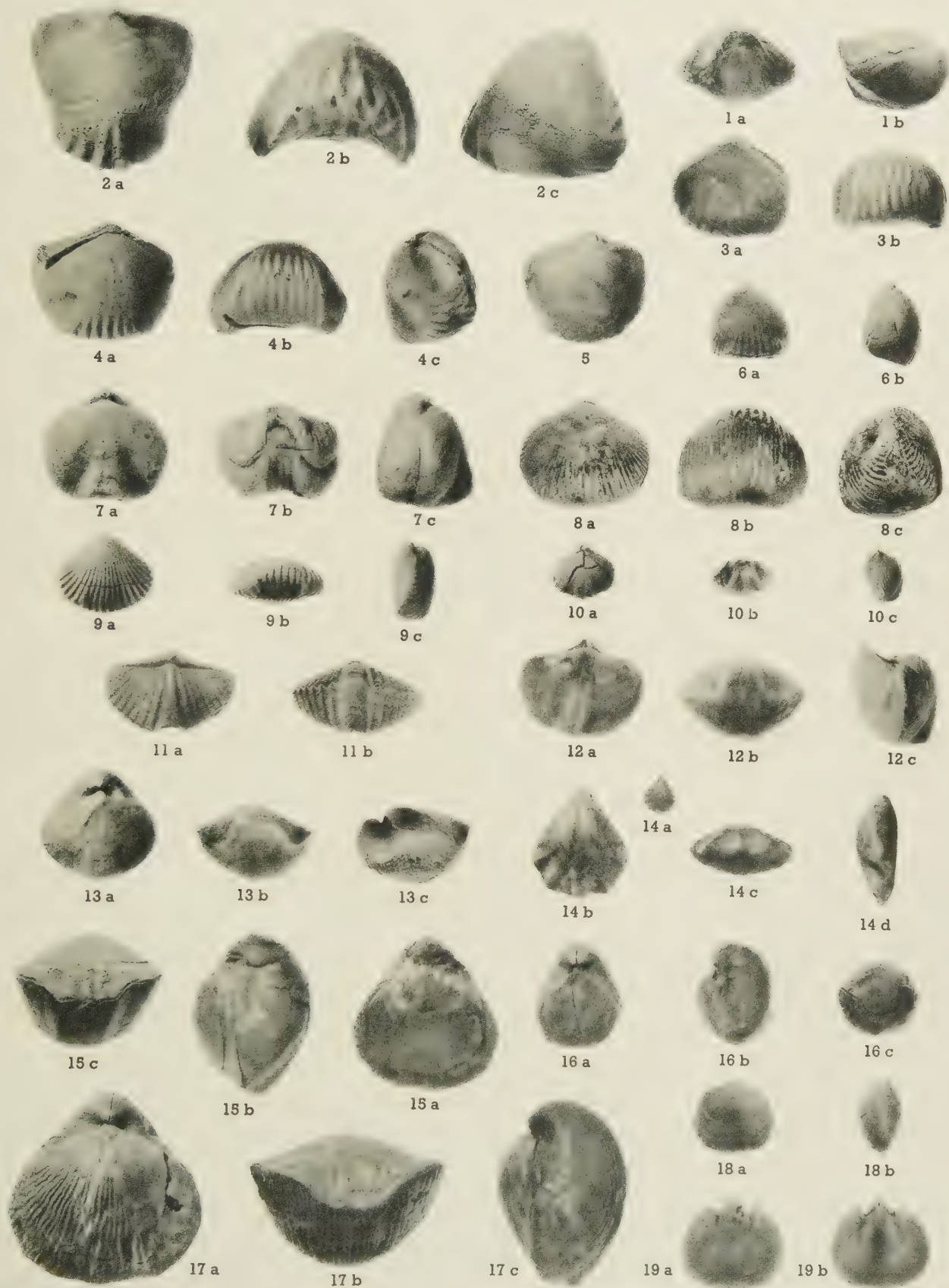


PLANCHE XLIII

Givetien inférieur**Marno-calcaires à *Werneroceras crispiforme* (81) (suite)**

1. *Microcyclus discus* MEEK et WORTHEN.
a. face distale; b. face proximale; $\times 1$.
Ech. 401 IE, (81c), marno-calcaires à *W. crispiforme*, petite falaise à 1,5 km à l'ENE d'Aguelt Oudiate el Khyam.
2. *Ibidem*.
a. face distale; b. face proximale; $\times 1,5$.
Ech. 2082 EA, (81), même niveau, gisement de Goniatites à 7 km au SSW de Bir Aïdiat.
3. *Microcyclus* cf. *intermedius* BASSLER.
a. face distale; b. face proximale; $\times 1,5$.
Ech. 2082 EC, (81), même niveau, même localité.
4. *Hadrophyllum* sp.
a. face distale; b. face proximale; $\times 1,5$.
Ech. 2082 EB, (81), même niveau, même localité.
5. *Syringaxon bohémica barrandei* PRANTL.
a. calice; b. profil; $\times 2$.
Ech. 2082 CA, (81), même niveau, même localité.
6. *Barrandeophyllum bohemicum* PRANTL.
a. calice; b. vue extérieure du côté concave; $\times 2$.
Ech. 523 BC, (81), même niveau, petit anticlinal faillé à l'Ouest de Tighirt.
7. *Syringaxon bohémica bohémica* (BARRANDE).
a. calice et côté concave; b. profil; $\times 1$.
Ech. 523 BD, (81), même niveau, même localité.
8. *Syringaxon* sp.
Vue d'ensemble et calice, $\times 1,5$.
Ech. 401 IF, (81), même niveau, même localité que 1.
9. Indéterminé.
a. calice et côté concave; b. profil; $\times 1$.
Ech. 2082 AU, (81), même niveau, même localité que 2.
10. Indéterminé.
a. calice, $\times 2$; b. vue extérieure, $\times 1$.
Ech. 401 ID, (81), même niveau, même localité que 1.
11. « *Zaphrentis* » (*Triplophyllum* ?) sp. e. g. *guillieri* BARROIS.
a. profil; b. calice; $\times 1,5$.
Ech. 2082 CB, (81), même niveau, même localité que 2.
12. *Aulacophyllum* sp.
Vue générale montrant le calice, $\times 1$.
Ech. 401 IC, (81), même niveau, même localité que 1.
13. *Glossophyllum* cf. *lateseptatum* WDK. ?
Vue générale, $\times 1$.
Ech. 2082 AV, (81), même niveau, même localité que 2.
14. *Roemeria* sp. ?
Vue d'une colonie, $\times 1$.
Ech. 2082 L, (81), même niveau, même localité.
15. « *Caliapora* » sp. nov.
Fragment de colonie, $\times 2$.
Ech. 2082 AXE, (81), même niveau, même localité.
16. *Ibidem*.
Fragment de colonie, $\times 1$.
Ech. 2082 AXB, (81), même niveau, même localité.
17. *Caliapora chouberti* (G. et H. TERMIER).
Vue d'une colonie, $\times 1$. Noter, au fond des calices, la fente rectiligne caractéristique.
Ech. 343 EBB, (81), même niveau, 800 m au SSE d'Aguelt Nebka.
18. *Holacanthopora gracilis* LE MAÎTRE.
Fragment de colonie, $\times 1$.
Ech. 343 EA, (81), même niveau, même localité.
19. *Striatopora magna* LE MAÎTRE.
a. fragment de colonie, $\times 1$; b. détail des calices, $\times 3$.
Ech. 2082 AX, (81), même niveau, même localité que 2.
20. *Coenites* sp.
a. fragment de colonie, $\times 1$; b. détail, $\times 5$.
Ech. 2154 AA, (81), même niveau, Ouest de Douik Çreïer.



PLANCHE XLIV

*Givetien*Marnes à *Calceola sandalina* (82-86)

1. *Gypidula chouberti* G. et H. TERMIER.
a. vue brachiale; b. commissure frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 402 B, (82-83), base des marnes à Calcéoles, 1,4 km à l'ENE d'Aguel el Oudiate el Khyam.
2. *Ibidem*.
Exemplaire décortiqué, $\times 1$.
Ech. 528 A, (83), marnes à *Gypidula chouberti*, petit anticlinal faillé à l'Ouest de Tighirt.
3. *Gypidula chouberti* G. et H. TERMIER.
Forme large probablement plus jeune; a. vue brachiale; b. profil; c. vue frontale; $\times 1$.
Ech. 402 BA, (82-83), base des marnes à Calcéoles, même localité que 1.
4. *Gypidula* sp.
a. vue brachiale; b. vue frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 402 BB, (82-83), même niveau, même localité.
5. *Ambocoelia umbonata* (CONRAD).
a. vue brachiale grandeur naturelle; b. vue brachiale; c. vue frontale; d. profil; $\times 3$.
Ech. 526 C, (82), marnes à faune naine, à *Productella* sp. e.g. *navicella*; même localité que 2.
6. *Ibidem*.
Mêmes vues d'un exemplaire plus large; a. $\times 1$; b. c. d. $\times 3$.
Ech. 526 CA, (82), même niveau, même localité.
7. *Productella* sp. e.g. *navicella* (HALL).
a. vue brachiale; b. vue pédonculaire; c. profil; $\times 2$.
Ech. 526 B, (82), même niveau, même localité.
8. *Strophomena* (*Strophonella* ?) *anaglypha* KAYSER.
a. vue brachiale; b. vue pédonculaire; $\times 2$.
Ech. 526 M, (82), même niveau, même localité.
9. *Productella* sp. e.g. *subaculeata* (MURCHISON).
a. vue brachiale; b. vue pédonculaire; c. profil; $\times 1$.
Ech. 2118 B, (85), marnes à *Calceola sandalina* s. str., 600 m au Sud de l'extrémité sud-est du massif crétacé d'Aïdiate.
10. *Leptaena rhomboidalis* (WILCKENS).
Valve pédonculaire d'un spécimen de très petite taille, $\times 2$.
Ech. 526 A, (82), même niveau et même localité que 2.
11. *Ibidem*.
Valve pédonculaire d'un spécimen de très grande taille, $\times 1$.
Ech. 347 B, (86), sommet des marnes à Calcéoles, niveau à grandes *Leptaena*; Est de la falaise de l'Amgala, un peu au Nord d'Amgli el Harra, en bordure orientale de l'oued du même nom.
12. *Glossostrophia caudata* (SCHNUR).
a. vue de la valve brachiale; b. vue frontale montrant la dissymétrie de la commissure; $\times 1$.
Ech. 2117 A, (86 ?), même niveau, extrémité sud-est du massif crétacé d'Aïdiate.



PLANCHE XLV

PLANCHE XLV

Givetien

Marnes à *Calceola sandalina* (82-86) (suite)

1. *Calceola sandalina* (LINNÉ) var. *lata* RICHTER [= var. *sandalina* (LINNÉ)].
a. exemplaire muni de son opercule (angle apical $\alpha = 75^\circ$), $\times 1$; b. vue interne d'un opercule d'une forme naine (niveau 84), $\times 1,5$; c. exemplaire sans opercule montrant le calice et la charnière ($\alpha = 70^\circ$), $\times 1$.
Ech. 403 E, (84-85), marnes à Calcéoles, 1,4 km à l'ENE d'Agueli Oudiate el Khyam.
2. *Ibidem*.
a. vue externe d'un opercule; b. vue interne du même opercule; $\times 1$.
Ech. 529, (85), marnes à Calcéoles s. str., petit anticlinal faillé à l'Ouest de Tighirt.
3. *Calceola sandalina* (LINNÉ) var. *exalta* GOLDFUSS.
Exemplaire sans opercule ($\alpha =$ environ 55°), $\times 1$.
Ech. 529 A, (85), même niveau, même localité; rare et associée à la variété *lata* abondante.
4. « *Zaphrentis* » (*Triplophyllum* ?) sp. e. g. *guillieri* BARROIS.
a. calice et partie externe concave; b. profil; $\times 1$.
Ech. 403 BA, (84-85), même niveau et même localité que 1.
5. *Ibidem*.
Calice et partie externe concave, $\times 1$.
Ech. 403 B, (84-85), même niveau et même localité.
6. *Aulacophyllum princeps* HALL.
Vue du calice, $\times 1$.
Ech. 348 C, (85), marnes à Calcéoles s. str.; Est de la falaise de l'Amgala, un peu au nord d'Amgli el Harra.
7. *Siphonophrentis torta* HALL.
Vue du calice, $\times 1$.
Ech. 2073 L, (86), partie supérieure des marnes à Calcéoles, base de la pointe sud-est du massif crétacé d'Aïdiate.
8. *Disphyllum goldfussi* GEINITZ.
a. section transversale; b. vue longitudinale; $\times 1$.
Ech. 2073 K, (86), même niveau, même localité.
9. *Aulopora* sp.
Individu fixé sur *Syringopora*, $\times 2$.
Ech. 2155 AA, (82), base des marnes à Calcéoles; Ouest de Douik Çreïer, terminaison occidentale des couches monoclinales.
10. *Roemeria* ?
Vue d'ensemble d'une colonie, $\times 2$.
Ech. 2102 AB, (85-86), partie supérieure des marnes à Calcéoles; extrémité nord-est du massif d'Aïdiate, sous le Crétacé.
11. *Syringopora* sp. e. g. *eifeliensis* SCH.
a. b. c. d. vue externe de quatre débris, $\times 1,5$.
Ech. 2155 AB, (82), même niveau et même localité que 9.
12. *Caliopora* cf. *chouberti* (H. et G. TERMIER).
a. fragment d'une colonie, $\times 1$; b. détail, $\times 3$.
Ech. 402 A, (82), base des marnes à Calcéoles, même localité que 1.
13. *Favosites* sp.
a. fragment de colonie, $\times 1$; b. détail, $\times 3$.
Ech. 2117 AC, (86), partie supérieure des marnes à Calcéoles, extrémité sud-est du massif crétacé d'Aïdiate.

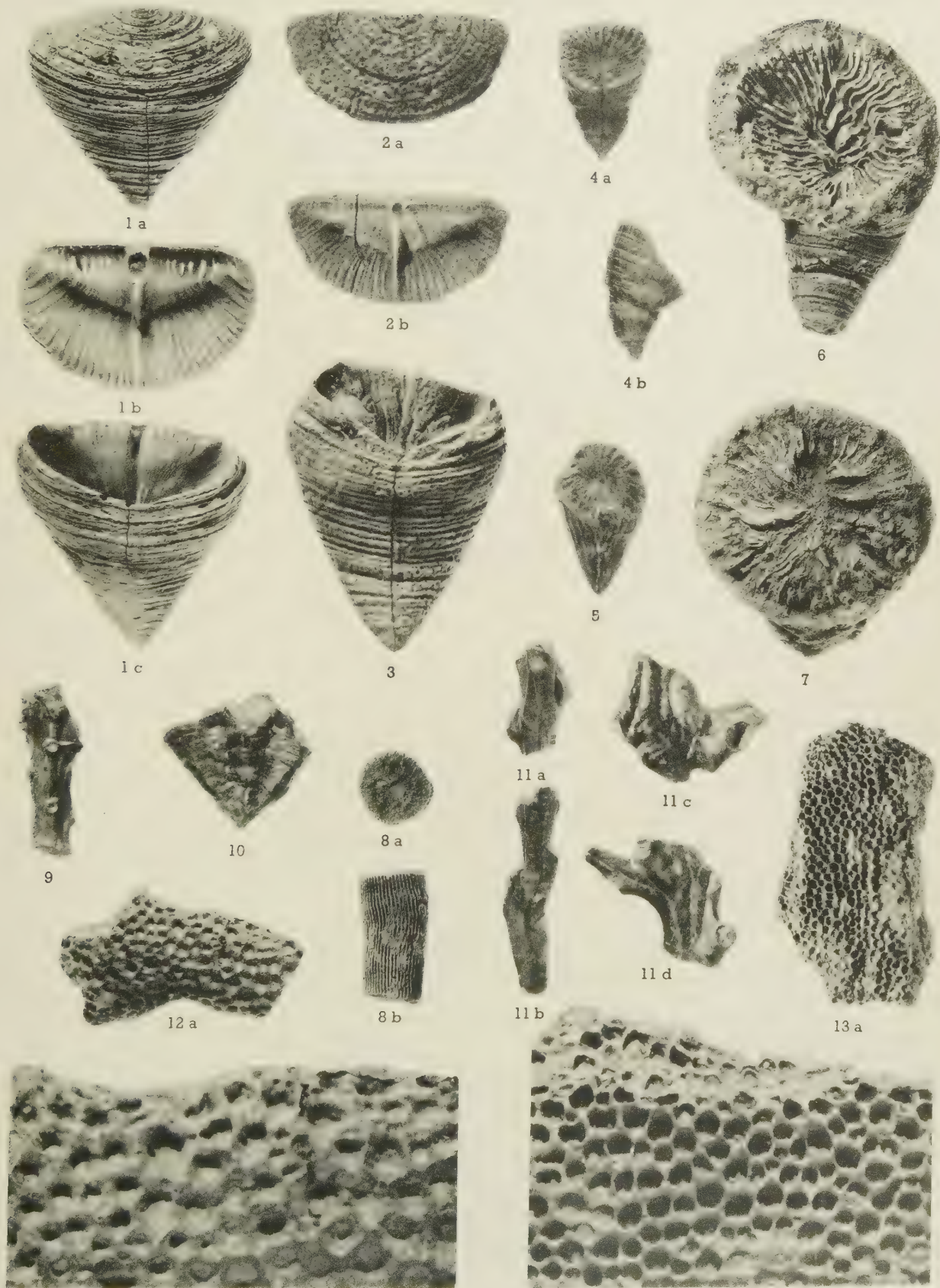


PLANCHE XLVI

PLANCHE XLVI

Givetien

Calcaires à Polypiers inférieurs (87)

1. *Aulacophyllum* sp.

a. vue du calice; b. profil; $\times 1,5$.

Ech. 370 AC, (87 b), partie supérieure des calcaires à Polypiers inférieurs; base de la falaise de l'Amgala, entre Amgli Zguilma et Amgli el Harra.

2. *Phillipsastraea* sp. nov.

Vue supérieure d'un fragment de colonie, $\times 1$.

Ech. 345 A, (87), calcaires à Polypiers inférieurs; base de la falaise de l'Amgala, juste au Nord d'Aguelte Amgli el Harra. [Id. fig. 1, Pl. XXII, ALIA MEDINA (1949a), déterminé comme *Acervularia goldfussi* DE VERN. et HAIME].

3. *Prismatophyllum* (= *Hexagonaria*) sp. e. g. *magnum*.

Vue supérieure d'un fragment de colonie, $\times 1$.

Ech. 404 J, (87), même niveau, 1,8 km au Nord d'Aguelte Oudiate el Khyam.

4. *Prismatophyllum* (= *Hexagonaria*) *helianthoides* (GOLDFUSS).

a-b. vue supérieure de deux fragments d'une colonie, $\times 1$.

Ech. 345 B, (87), même niveau, même localité que 2.

5. *Heterophrentis prolifica* BILLINGS ?

Profil, $\times 1$.

Ech. 404 D, (87), même niveau, même localité que 3.

6. *Stringophyllum duplex* (WDBK.).

Vue extérieure, $\times 1$.

Ech. 404 GB, (87), même niveau, même localité.

7. *Heliolithes* sp. e. g. *porosus* (GOLDFUSS).

a. vue générale d'une colonie, $\times 1$; b. détail, $\times 5$.

Ech. 369 A, (87 a), base des calcaires à Polypiers inférieurs, même localité que 1.

8. *Actinostroma* sp. e. g. *verrucosum* (GOLDFUSS).

Vue supérieure, $\times 1$.

Ech. 404 C, (87), même niveau et même localité que 3.

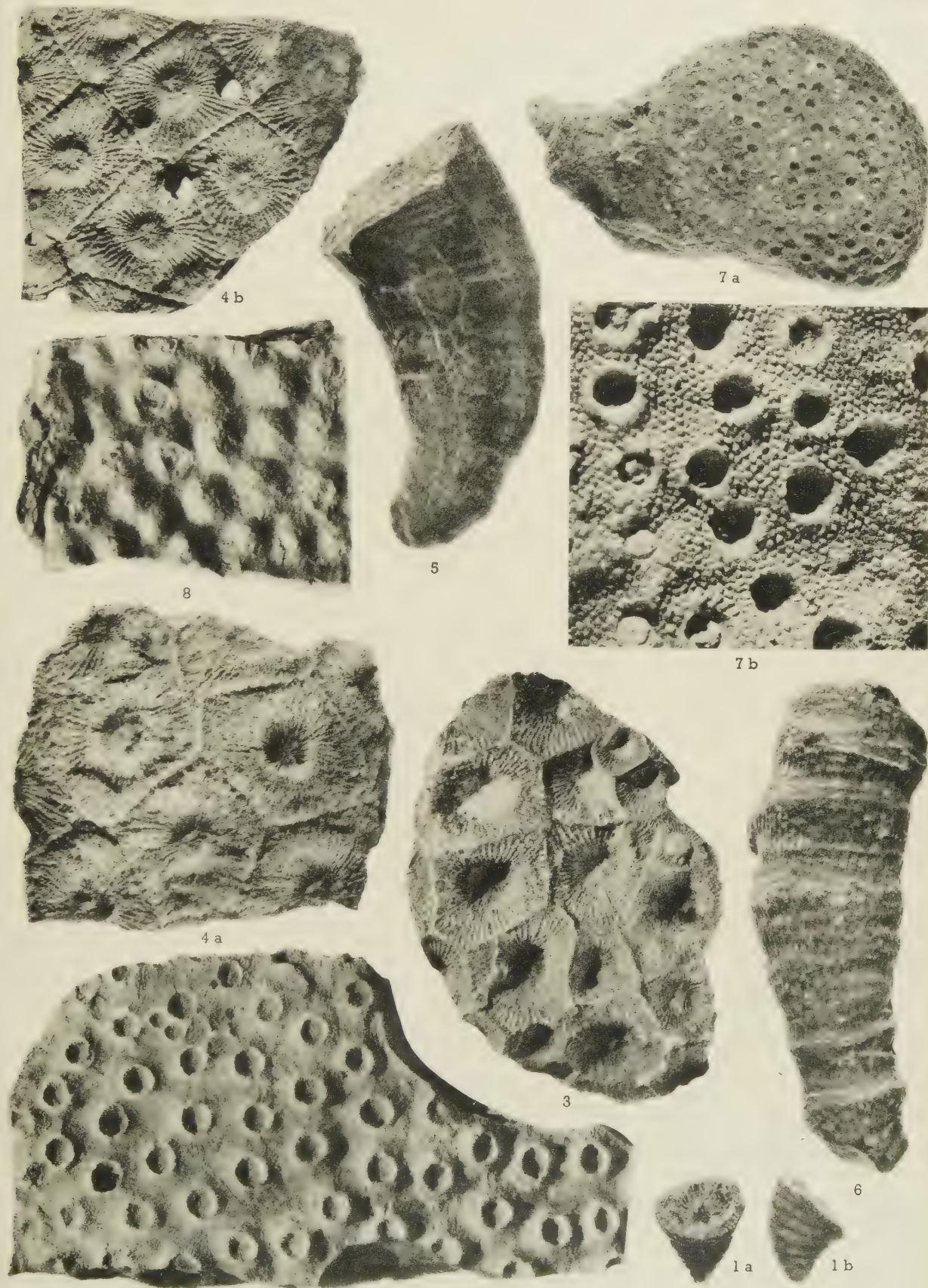


PLANCHE XLVII

PLANCHE XLVII

Givetien

Calcaires à Polypiers inférieurs (87) (suite)

1. *Favosites goldfussi* D'ORBIGNY var. *hemispherica* HALL.

Profil d'une colonie entière, $\times 1/2$ environ.

Ech. 2191 B, (87), base des calcaires à Polypiers inférieurs, flanc ouest du petit anticlinal faillé à l'Ouest de Tighirt.

2. *Favosites goldfussi* D'ORBIGNY.

Vue de dessus d'une colonie de forme conique, $\times 3/5$.

Ech. 2191 BE, (87), même niveau, même localité.

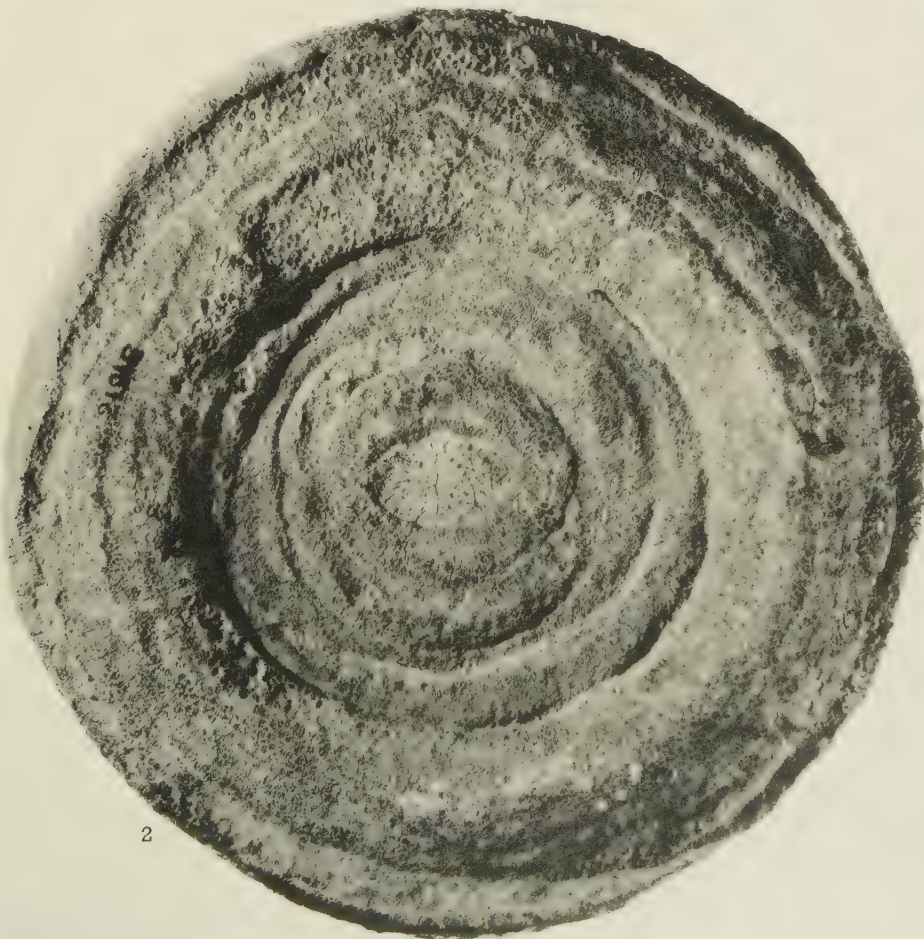


PLANCHE XLVIII

PLANCHE XLVIII

Givetien

Calcaires à Polypiers inférieurs (87) (suite)

1. *Disphyllum* (*Phacellophyllum*) *coespitosum* (GOLDFUSS).
Vue externe longitudinale d'un fragment, $\times 1$.
Ech. 370 ABA, (87 b), partie supérieure des calcaires à Polypiers inférieurs, base de la falaise de l'Amgala, entre Amgli Zguilma et Amgli el Harra.
2. *Disphyllum* cf. *goldfussi* GEINITZ.
Vue externe longitudinale d'un fragment, $\times 1$.
Ech. 370 AB, (87 b), même niveau, même localité.
3. *Thamnopora* cf. *reticulata* (DE BLAINVILLE).
Vue externe d'un fragment de colonie, $\times 2$.
Ech. 369 CB, (87 a), partie inférieure des calcaires à Polypiers inférieurs, même localité.
4. *Procteria granulifera* (SCHLÜTER) emend. STUMM.
Vue de la face distale d'une colonie, $\times 1$.
Ech. 2126 B, (87 bis), niveau psammitique se développant dans le Sud du Zemmour dans les calcaires à Polypiers inférieurs, anticlinal à l'Ouest du brachysynclinal des Oudeï Askaf.
5. *Pleurodictyum* sp. ou *Favosites pleurodictyoides* NICH. ?
Vue de la face distale d'une colonie, $\times 1$.
Ech. 2125, (87 bis), même niveau, 5 km au NW d'Aghachan el Abiodh.
6. Bryozoaire indéterminé.
Vue de plusieurs débris de colonie, $\times 2$.
Ech. 345 C, (87), calcaires à Polypiers inférieurs, base de la falaise de l'Amgala juste au Nord d'Aguelt Amgli el Harra.
7. *Phacops* sp.
Fragment de pygidium, $\times 1,5$.
Ech. 533 A, (87), calcaires à Polypiers inférieurs, falaise de l'Amgala au niveau du Nord de Tighirt.
8. *Euomphalus* sp.
Moule interne, vue apicale, $\times 1$.
Ech. 506, (87), même niveau, même localité.

Givetien supérieur

Marnes de l'Amgala (88)

Zone à *Spinocyrtia ascendens* et *Neometacanthus stellifer*

9. *Platyceras* sp.
Profil, $\times 1$.
Ech. 346 Q, (88), marnes de l'Amgala, falaise de l'Amgala entre Amgli Zguilma et Amgli el Harra.
10. *Aulopora serpens* GOLDFUSS.
Vue d'une colonie fixée sur un test de *Schizophoria striatula*, $\times 1,5$.
Ech. 508 U, (88), même niveau, falaise de l'Amgala au niveau du Nord de Tighirt.
11. *Lithophyllum* (= *Zonophyllum*) sp. e. g. *septatum* WDK.
a. profil; b. vue du calice et du côté concave; $\times 1$.
Ech. 346 JA, (88), même niveau, même localité que 9.
12. *Digonophyllum* (*Glossophyllum*) sp. e. g. *dohmi* WDK.
Vue extérieure, $\times 1$.
Ech. 346 JB, (88), même niveau, même localité.
13. *Petrocrania* sp. ?
Plusieurs spécimens parasitant un test de *Schizophoria striatula*, $\times 1$.
Ech. 508 HB, (88), même niveau, même localité que 10.
14. *Tentaculites zemmourensis* LARDEUX.
Nombreux spécimens dans un calcaire coquillier, associés à des Brachiopodes, Byozoaires et Cri-noïdes, $\times 2$.
Ech. 508 S, (88 bis), lumachelles et encrinites associées aux marnes de l'Amgala, même localité que 10.
15. *Neometacanthus* aff. *stellifer* (BURMEISTER).
Céphalon, $\times 2$.
Ech. 509 C, (88 bis), même niveau, même localité.

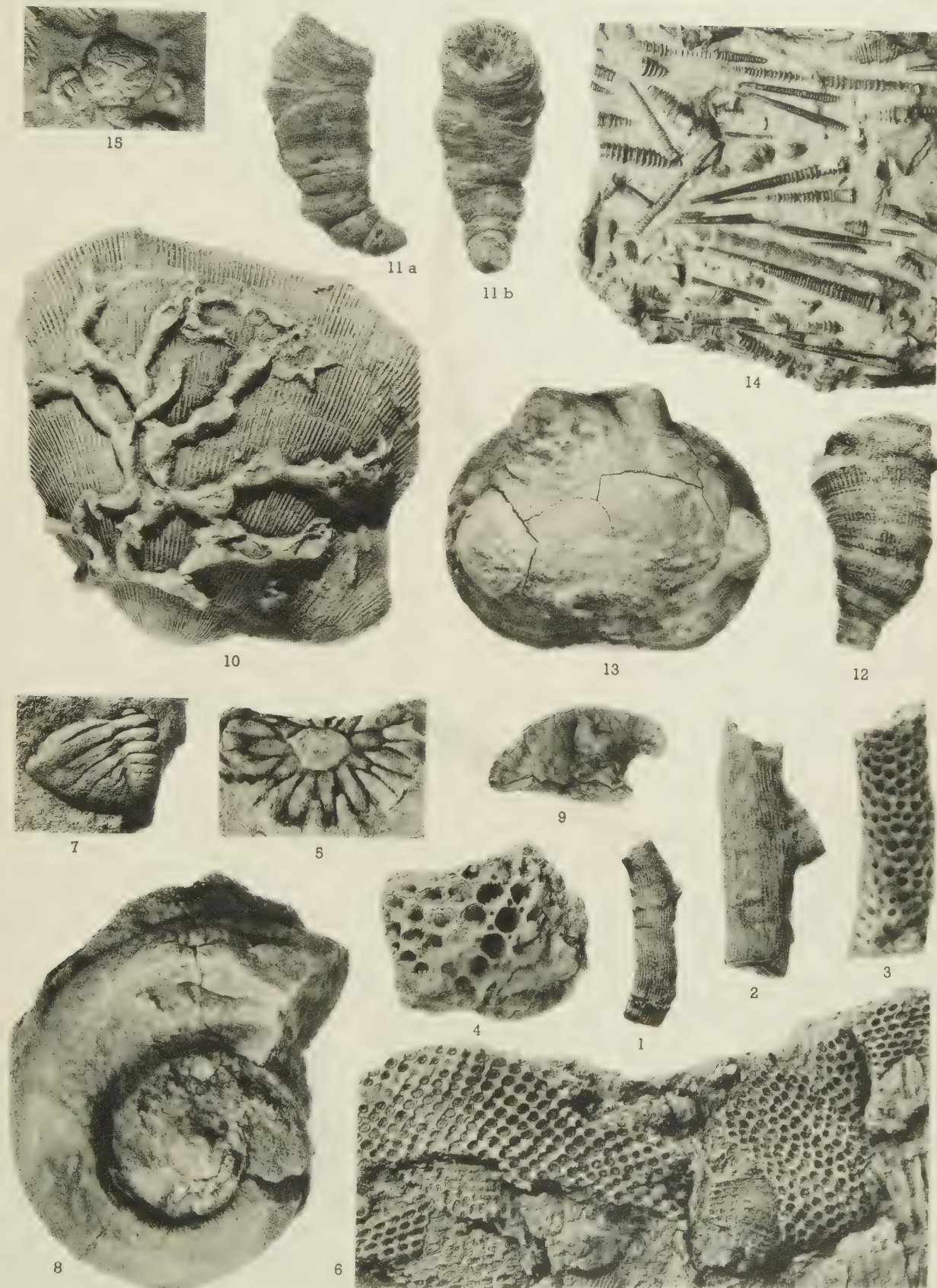


PLANCHE XLIX

PLANCHE XLIX

Givetien supérieur

Marnes de l'Amgala (88)

Zone à *Spinocyrtia ascendens* et *Neometacanthus stellifer*

1. *Neometacanthus* (*Neometacanthus*) *stellifer* (BURMEISTER).
a. céphalon complet et partie du thorax; b. céphalon et thorax; c. thorax et pygidium démuné de ses épines; d. céphalon; $\times 1,5$.
Ech. 492 A, (88), marnes de l'Amgala, horizon à Trilobites, butte-témoin de marnes vertes en arrière de la pointe sud de la falaise de l'Amgala.
2. *Spirifer* cf. *undiferus* ROEMER.
Vue brachiale, $\times 1$.
Ech. 422 L, (88), marnes de l'Amgala; falaise de l'Amgala, à 2 km au Sud d'Amgli el Harra.
3. *Spinocyrtia ascendens* (SPRIESTERBACH) var. *zemmourensis* DROT.
a. vue brachiale; b. commissure frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 346 H, (88), même niveau; falaise de l'Amgala entre Amgli Zguilma et Amgli el Harra.
4. *Spinocyrtia ascendens* (SPRIESTERBACH).
a. valve brachiale; b. profil; $\times 1$.
Ech. 2193 I, (88), marnes de l'Amgala, corne sud-est du massif d'Aïdiat.
5. *Spirifer* sp.
Spécimen incomplet : a. vue brachiale; b. vue frontale; $\times 1$.
Ech. 346 HA, (88), même niveau, même localité que 3.
6. *Cyrtina heteroclyta* (DEFrance).
Vue brachiale et aréa, $\times 2$.
Ech. 508 FA, (88), même niveau, falaise de l'Amgala au niveau du Nord de Tighirt.
7. *Athyris concentrica* (MURCHISON).
a. vue brachiale; b. vue frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 508 H, (88), même niveau, même localité.
8. *Camarotoechia* cf. *osculum* SCHMIDT.
a. valve pédonculaire; b. vue frontale; $\times 2$.
Ech. 2107 WH, (88), même niveau, synclinal des Oudeï Askaf.
9. *Chonetes minutus* (GOLDFUSS).
a. vue pédonculaire; b. vue dorsale; $\times 2$.
Ech. 508 N, (88), même niveau, même localité que 6.
10. *Chonetes* sp.
a. valve brachiale; b. valve pédonculaire; $\times 2$.
Ech. 508 DB, (88), même niveau, même localité.
11. *Chonetes coronatus* (CONRAD) var. *zemmourensis* DROT.
a. vue brachiale; b. vue pédonculaire; $\times 1$.
Ech. 346 PF, (88), même niveau, même localité que 3.
12. *Atrypa reticularis* (LINNÉ).
Grande forme; a. vue brachiale; b. profil; $\times 1$.
Ech. 508 E, (88), même niveau, même localité que 6.
13. *Schuchertella* sp. e. g. *umbracula* (SCHLOTHEIM).
Grande forme; a. vue de l'aréa; b. vue brachiale; c. vue de la valve pédonculaire; $\times 1$.
Ech. 346 I, (88), même niveau, même localité que 3.
14. *Schizophoria striatula* (SCHLOTHEIM).
Grande forme globuleuse; a. valve pédonculaire; b. vue frontale; c. profil; $\times 1$.
Ech. 346 A, (88), même niveau, même localité.

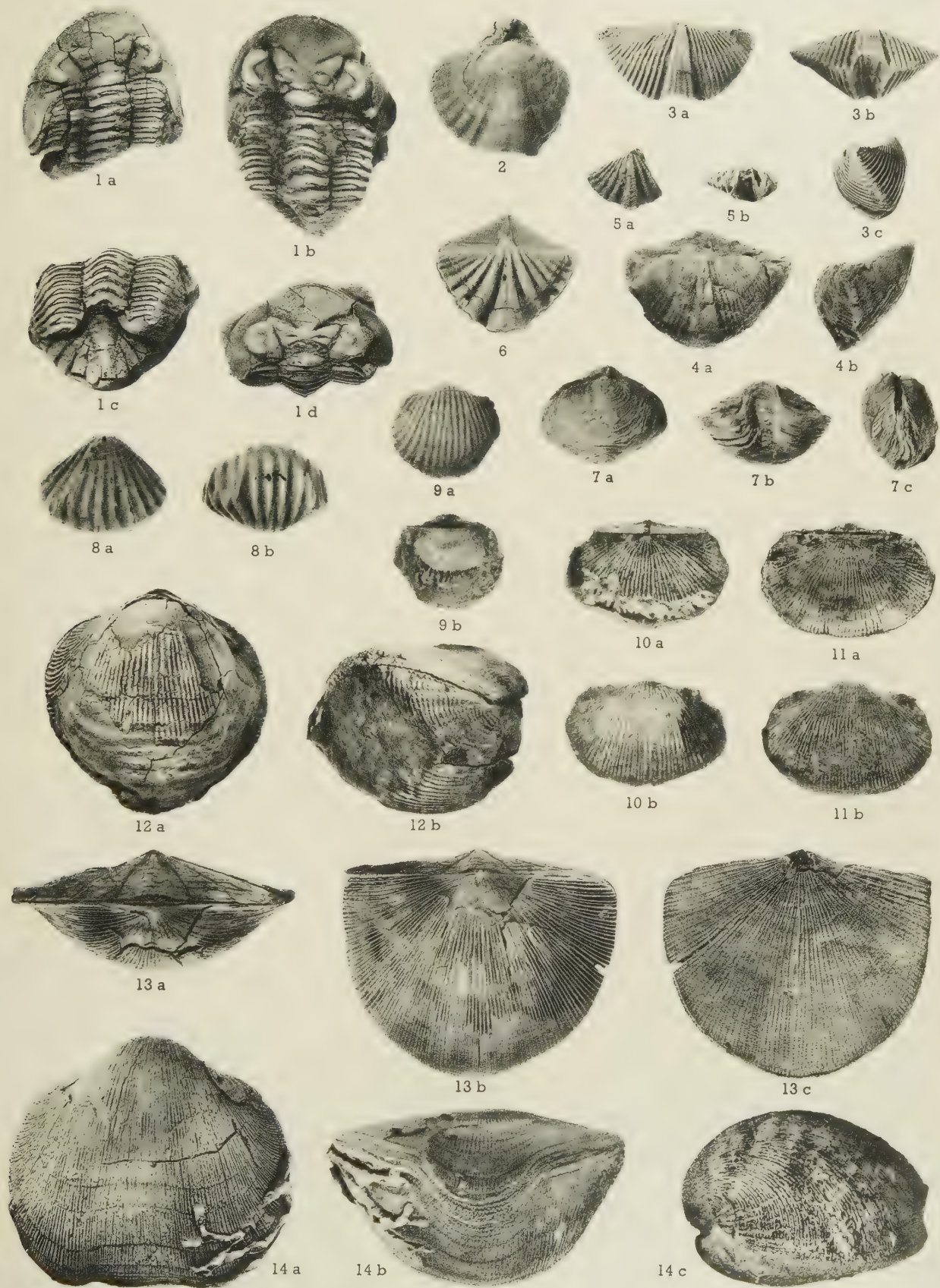


PLANCHE L

Givetien supérieur**Calcaires à Polypiers supérieurs (90)****Zone à *Calceola sandalina alta***

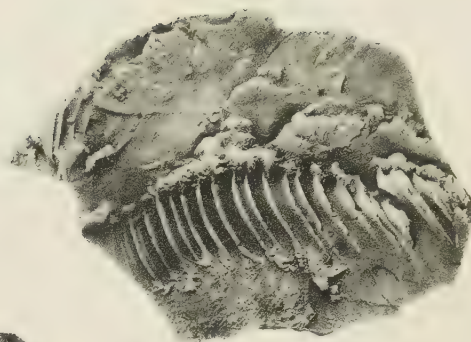
1. *Streptelasma* sp. (= *Stereolasma* sp.).
Vue extérieure du côté concave, et calice, $\times 1,5$.
Ech. 2108 WM, (90), calcaires à Polypiers supérieurs, synclinal des Oudeï Askaf.
2. *Lithophyllum* sp. e. g. *striatum* WDK ?
Forme jeune, profil, $\times 1$.
Ech. 2108 MA, (90), même niveau, même localité.
3. *Cosmophyllum* sp.
Vue extérieure et calice, $\times 3/4$.
Ech. 2108 D, (90), même niveau, même localité.
4. *Chaetetes* sp. e. g. *pyriformis* LE MAÎTRE.
a. profil; b. vue transversale; $\times 1/2$.
Ech. 2108 F, (90), même niveau, même localité.
5. *Thamnopora* sp.
Vue d'un fragment de colonie, $\times 2$.
Ech. 367 B, (90), même niveau, Ouest de la falaise de l'Amgala entre Amgli Zguilma et Amgli el Harra.
6. *Calceola sandalina* (LINNÉ) var. *alta* R. RICHTER.
Exemplaire usé et démunie de son opercule, angle apical $\alpha = 50^\circ$, $\times 1$.
Ech. 2108 N, (90), même niveau, même localité que 1.
7. *Atrypa aspera* (SCHLOTHEIM).
a. vue brachiale; b. profil; $\times 1$.
Ech. 2108 A, (90), même niveau, même localité.

Frasnien**Siltstones et lumachelles à *Spirifer verneuili* (91-101)**

8. *Mucrospirifer bouchardi* (MURCHISON).
Vue de la valve brachiale, $\times 2$.
Ech. 2076 A, (91), premiers bancs de grès au-dessus des calcaires à Polypiers supérieurs, falaise à l'Ouest des Oudeï Askaf.
9. *Spirifer* cf. *ibergensis* SCUPIN.
a. moule interne d'une valve brachiale, $\times 1$; b. moules de valves pédonculaires, $\times 2$.
Ech. 361 A, (94), deuxième crête de grès durs au-dessus des calcaires à Polypiers supérieurs, Oued Amgli el Harra en amont des oglats.
10. *Spirifer* (*Cyrtospirifer*) sp. e. g. *verneuili* (MURCHISON).
a. valve brachiale, $\times 1$; b. valves pédonculaires dans une lumachelle, $\times 1$ environ.
Ech. 2080 A, (96 ?), grès noirs supérieurs, zone plissée au NNW de Bir Aïdiat.
11. *Platyceras* sp.
Moule interne, profil, $\times 1$.
Ech. 2080 C, (96 ?), même niveau, même localité.
12. Piste sinueuse d'un animal muni d'appendices, $\times 1/2$.
Ech. 451 A, (94), deuxième niveau gréseux dur au-dessus des calcaires à Polypiers supérieurs, flanc oriental du premier synclinal à l'Ouest d'Aguelt Tighirt.
13. Traces, $\times 3/4$.
Ech. 360 D, (92), premier niveau gréseux dur au-dessus des calcaires à Polypiers supérieurs, même localité que 9.
14. Crinoïde indéterminé.
Noter la forme pentagonale, le dessin en rosace de la surface non articulaire, et la décoration externe;
a. fragment de tige, vue longitudinale, $\times 2$; b. vue transversale du même, $\times 2$; c. *idem*, $\times 5$.
Ech. 428 A, (97), argiles à Crinoïdes, 3,5 km au SW d'Amgli el Harra.



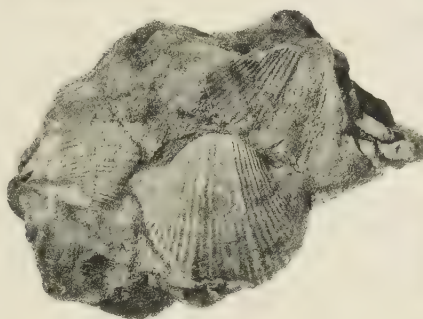
12



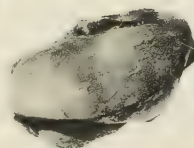
13



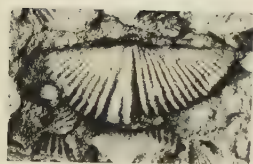
9 b



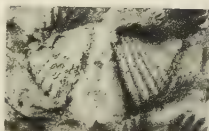
10 b



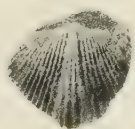
11



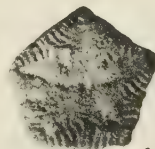
8



9 a



10 a



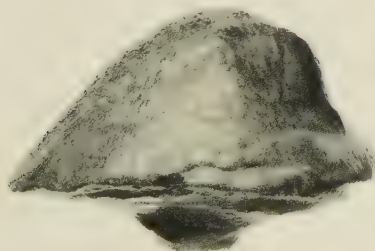
14 c



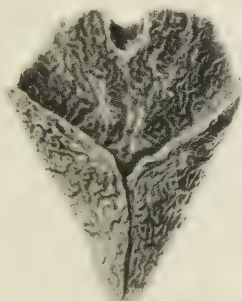
14 b



14 a



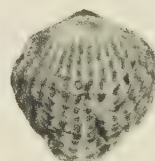
4 a



6



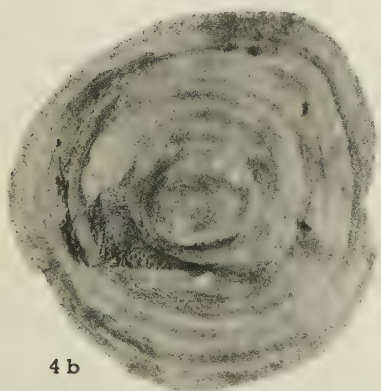
2



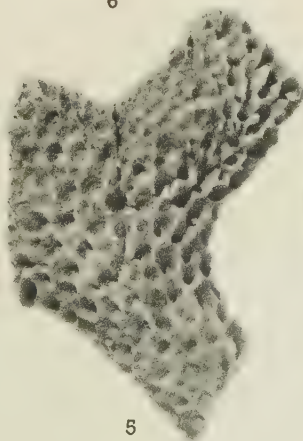
7 a



7 b



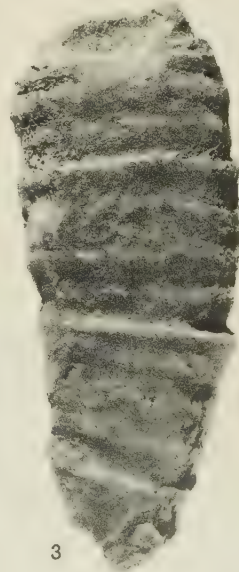
4 b



5



1



3

INDEX
PALÉONTOLOGIQUE

INDEX PALÉONTOLOGIQUE

Les chiffres romains renvoient aux planches hors-texte; les chiffres arabes au texte; les chiffres arabes gras renvoient aux articles consacrés spécialement à un fossile.

- Acanthophyllum* :
cf. *gerolsteinense* : 391, 448.
- Acaste* : 260, 288, 290, 292.
spinosa : 262, 288.
cf. *spinosa* : 290.
- Acaste (Acastella)* : 318.
artesia : 273, 288, XXXI.
tiro : 273, 274, 275, 276, 280, 282, 287, 288, 290, 301, 304, 306, 318, 322, 367, 368, XXXI, XXXII.
- Acervularia* :
goldfussi : 460.
troscheli : 461.
- Acroculia* :
anguis : 218, 226, 251, 252, 256.
- Acrospirifer* : 438, XXXVI.
decheni : 358, 369.
fallax : 298, 301, 302, 306, 307, 308, 310, 312, 314, 316, 318, 326, 329, 336, 337, 346, 348, 349, 356, 357, 358, 367, 370, 371, XXXIV.
e. g. *fallax-primaevus* : 302, 304, 307, 353, 357, 363, 367, 368.
paradoxus : 358, 359, 360, 361, 362, 371, 437.
paradoxus-pellico : 314, 325, 329, 410, 470.
e. g. *paradoxus-pellico* : 353, 361, 363, 367, 368, 370, 371, 398, 473, XXXV.
pellico : 318, 329, 336, 346, 350, 359, 361, 362, 371, 372, 431, 436, 437, 439.
primaevus : 295, 356, 358, 359, 360, 369, 370, 372.
rousseaii : 295, 314, 318, 336, 346, 356, 357, 360, 367, 368, 370, 371, XXXII.
e. g. *rousseaii* : 299, 301, 303, 304, 306, 307, 308, 311, 312, 353, 355, 363, XXXII, XXXIII.
speciosus : 399, 428, 442, 443, 444, 447, 451, 452, 456, 457, 458, 459, 461, 481.
var. *intermedius* : 445, 449.
var. *speciosus* : 388, 390, 396, 398, 400, 402, 435, 436, 440, 441, 442, 443, 445, 447, 449, 457, 462, 470, 471, 481, 482, XXXIX.
- Acrothele* : 78, 79, 83, 86, 88, 89, 91, 95, 97, 99, 101, 102, 104, 107, 108, 117, 140, 150, 153, 154, 165, 186, 189, 192, 193, 198, 203, XXIV, XXV.
sougyi : 77, 91, 186, 187, XXIV.
spinulosa : 77, 186, XXIV, XXV.
- Actinostroma* :
clathratum : 404, 460, 461, 462, 467, 468.
verrucosum : 396, 398, 439, 440, 461, 462.
e. g. *verrucosum* : 399, 460, XLVI.
- Agoniatites* : 384, 388, 390, 391, 392, 396, 398, 400, 402, 403, 442, 448, 452, XL.
costulatus : 403, 448, 450, 451, 452, 453, XL.
occultus : 452.
vanuxemi : 451, 453.
- Aldanophyton* :
antiquissimum : 188.
- Alveolites* : 379.
chaetetiformis : 442, 461.
fornicatus : 387, 460, 461, 462.
suborbicularis : 462, 468.
e. g. *suborbicularis* : 404, 467, 468.
- Ambocoelia* : 391, 402, 448, 455.
umbonata : 388, 390, 444, 455, XLIV.
var. : 455.
e. g. *umbonata* : 396, 402, 441, 448.
- Amphissites* : 387.
- Ampulina* :
bulbiformis : 47.
- Anarcestes* : 400.
lateseptatus : 450.
var. *applanata* : 452.
var. *plebeia* : 384, 436, 439, 448, 452, 477, XL, XLI.
plebeius : 453.
rouvillei : 379, 403, 407, 448, 452, (voir aussi *Werneroceras*).
subnautilus : 452.
- Anathyris* :
e. g. *ezquerrai* : 355, 356.
- Archaeocyathus* : 195, 198, 199, 207.
- Arenicolites* :
woodi : 183, 185.
- Asteropyge* : 299, 311, 355, 400, 416, 438, 441, 464, 466.
mesocristata : 453.

Asteropyge (Neometacanthus) :

stellifer : 383, 384, 386, 390, 403, 435, 448, 453, 464, 466, XLI, XLIX.

Athyris : 287, 300, 303, 308, 311, 312, 353, 354, 355, 357, 400, 402, 404, 441, 448, 463, 467, XXXII.

concentrica : 386, 391, 394, 456, 463, 485, XLIX.

e. g. *concentrica* : 387, 389, 391, 400, 404, 436, 441, 448, 460, 463.

cf. *concentrica* : 355.

sougyi : 302, 358, 359, XXXIII.

spiriferoides : 383, 396, 400, 404, 441, 444, 445, 448, 460, 463, 465, 470, XXXIX.

e. g. *spiriferoides* : 400, 402, 448, 463.

cf. *spiriferoides* : 441.

undata : 307, 311, 312, 318, 346, 353, 355, 356, 357, 358, 361, 368, 452, XVI, XXXIII.

e. g. *undata* : 307, 358, 361.

Atrypa : 382, 423, 467.

aspera : 382, 383, 385, 386, 387, 404, 441, 445, 451, 455, 460, 463, 464, 467, L.

prisca : 444.

reticularis : 379, 382, 383, 384, 386, 387, 388, 389, 391, 396, 399, 400, 402, 404, 436, 441, 448, 455, 456, 460, 463, XLIX.

formes triangulaires : 441, 463.

variété à grosses côtes : 463, 467.

forme tendant vers *A. aspera* : 455.

e. g. *reticularis* : 467.

cf. *reticularis* : 400, 441.

cf. *semi-orbis* : 456, 459.

Aulacella : 391, 396, 400, 404, 441, 463, 467.

interlineata : 403, 437, 448, 456, XLII.

e. g. *interlineata* : 383, 384, 386, 388, 389, 400, 436, 441, 448, 455, 456, 460, 463.

e. g. *lineata* : 463, 465.

nov. sp. : 400, 436, 441, 448.

Aulacophyllum : 383, 400, 404, 448, 459, 466, XLIII, XLVI.

jacqueti : 456.

princeps : 384, 456, 469, XLV.

Aulopora : 391, 455, XXXI, XLV.

serpens : 383, 386, 399, 456, 463, XLVIII.

Avicula : 217.

glabra : 216, 218, 232, 238, 243, 252, 253, 256, 257, 273, 274, XXIX.

cf. *scala* : 250.

Bactrites : 384, 448, XLI.*Barrandeophyllum* : 358.

bohemicum : 388, 448, 449, XLIII.

Bathmoceras : 250, XXVIII.*Bembexia* :

cf. *larteti* : 298, 358, XXXIV.

Botsfordia : 95, 97.

granulata : 186.

paucigranulata : 91, 93, 187, XXV.

Brachyprion :

interstitialis : 457.

phillipsii : 459.

e. g. *phillipsii* : 388, 396, 403, 441, 446, 448, 455, 456.

Bronteus : (voir *Paralejulus*)

dormitzeri : 451.

Bucanella : 288, XXXI.*Calceola* :

sandalina : 379, 380, 390, 391, 392, 398, 399, 407, 419, 428, 437, 439, 440, 441, 442, 444, 445, 446, 448, 450, 451, 452, 455, 456, 457, 461, 462, 464, 466, 467, 468.

var. *alta* : 382, 385, 387, 404, 405, 435, 456, 457, 458, 459, 463, 467, 468, 470, 471, 474, 492, 493, 510, 511, L.

var. *exalta* : 387, 456, 457, 458, XLV.

var. *lata* : 383, 384, 385, 387, 390, 399, 402, 404, 405, 407, 435, 456, 457, 458, 460, 463, 470, 471, XLV.

var. *sandalina* : 477, XLV.

var. *westphalica* : 457.

Caliapora :

chouberti : 384, 436, 448, 449, 453, 477, XLIII.

cf. *chouberti* : 455, XLV.

nov. sp. : 391, 402, 448, 455, XLIII.

Calymene : 273, 288.

interjecta : 273, 274, 288, XXXI, XXXII.

Camarotoechia : 177, 179, 188, 189, 193, 201, 204, 287, 298, 306, 307, 310, 355, 357, 358, 361, 362, 384, 400, 402, 418, 435, 436, 438, 441, 442, 448, 463, 494, 509, XXV, XXXI, XL, XLII.

e. g. *betterbergiana* : 441, 445, XXXIX.

e. g. *borealis* : 121, 188, 219, 220, 221, 222, 225, 229, 236, 243, 248, 249, 255, 257, 263, XXVII.

daleidensis : 359, 369, 461.

cf. *daleidensis* : 302, 358, 360, XXXIII.

ferquensis : 443, 465.

nucula : 263.

e. g. *nucula* : 217, 223, 247, XXVII.

cf. *nympha* : 300, 312, 354, 355, 395, 435, 436.

omaliusi : 465.

cf. *osculum* : 382, 383, 386, 404, 463, 465, XLIX.

Cambrophyllum :

lamellosum : 450.

Cardiola : 259.

interrupta : 213, 217, 218, 223, 225, 226, 235, 243, 248, 249, 250, 257, 259, 262, 264.

cf. *interrupta* : XXVII.

Chaetetes :

pyriformis : 468.

e. g. *pyriformis* : 404, 467, L.

Cheirurus : 290.*Chonetes* : 300, 301, 302, 306, 307, 314, 316, 318, 325, 326, 345, 346, 348, 350, 353, 357, 358, 368, 379, 391, 396, 403, 413, 438, 456, 463, 481, 485, 494, 509, XXXIII, XLIX.

coronatus : 470.

var. *zemmourensis* : 383, 386, 404, 463, 465, XLIX.

lepidus : 443, 449, 470.

minutus : 383, 386, 446, 460, 463, XLIX.

e. g. *minutus* : 383, 441, 463.

aff. *minutus* : 400, 448.

e. g. *plebeia* : 307, 355, 361, 362, 391, 392, 394, 398, 435, 438, 439, 470.

setiger : 470.

e. g. *tenuicostata* : 299, 303, 304, 307, 308, 355, 357.

Cleistopora : 379.

geometrica : 262.

Climacograptus :

cf. *minutus* : 221, 244, 245.

rectangularis : 208, 220, 244, 245, XXVI.

- scalaris* :
 var. *normalis* : 217, 221, 244, 245, 247.
 cf. *scalaris* : 261.
- Coenites* : 391, 448, XLIII.
- Collenia* : 70, 125, 130, 132, 139, 140, 179, 180, 181, 182, 192, 198, 204, 206, 207, 208.
 frequens : 181, 182.
- Comura* : 357.
 praecursor : 303, 357, XXXIII.
- Conocoryphe* : 198, 203.
- Conophyton* : 125, 130, 132, 139, 140, 179, 180, 182, 192, 194, 197, 204.
 lituus : 180, 182.
 ressoti : 181.
 var. *jacqueti* (var. nov.) : 180, 181, 182, 207, XXIII.
- Cornulites* : 217, 223, 229, 243, 247, XXVII.
 scalaris : 247.
 scalariformis : 247.
- Cosmophyllum* : 404, 467, L.
 dachsbergi : 467.
- Costispirifer* :
 trigeri : 299, 302, 306, 308, 311, 312, 314, 316, 318, 327, 329, 336, 348, 356, 357, 358, 368, 370, 371, 436.
 e.g. *trigeri* : 299, 301, 303, 304, 306, 307, 308, 311, 346, 353, 355, 356, 357, 358, 363, XXXII, XXXIII.
- Crurithyris* : 441.
 inflata : 459.
 e.g. *inflata* : 388, 400, 448, 450, 455.
- Cruziana* : 204.
- Cryphaeus* : 290.
- Cryptozoon* : 184.
- Cyathocrinites* :
 pinnatus : 388, 389, 400, 401, 436, 438, 439, 441, 448, XXXVI.
 cf. *pinnatus* : 509.
- Cyathophyllum* : 379, 392, 396.
 cf. *dianthus* : 495, 503, 509, 512.
 helianthoides : 391, 439, 440, XXXVIII.
 heterophyllum : 460.
 hexagonum : 460.
- Cyathophyllum (Hexagonaria)* : 398.
 hexagonum : 460.
- Cylindrophyllum* : 466.
- Cyrtina* : 383, 460.
 acutirostris : 460, 463, 469.
 cf. *acutirostris* : 387, 460, 462.
 hamiltonensis : 470.
 heteroclyta : 357, 358, 383, 386, 389, 399, 400, 402, 404, 436, 441, 448, 456, 460, 463, XXXIX, XLIX.
 var. : 456, 465, 463.
 cf. *heteroclyta* : 441.
- Cyrtoceras* : 448.
- Cyrtograptus* :
 insectus : 249.
 murchisoni : 249.
- Cyrtospirifer* :
 seminoi : 462.
 verneuili : 443, 444, 465, 466, 468, 485, 486, 490, 492, 493, 494, 495, 500, 509, 510, 511, 512, 513.
 e.g. *verneuili* : 494, 509, 510, L.
 cf. *verneuili* : 485.
- Cystiphyllum* :
 lamellosum : 388, 391, 392, 399, 400, 402, 435, 440, 441, 442, 447, 470, XXXVIII.
 ohiensis : 396, 441, 469, XXXVIII.
 sulcatum : 391, 439, 440, 469, XXXVIII.
 vesiculosum : 446, 461.
- Dalmanella* :
 opercularis : 445.
- Delthyris* :
 falco : 444.
 macrorhynchus : 441, 444, XXXIX.
 e.g. *macrorhynchus* : 399, 456.
- Dialytophyllum* :
 e.g. *secundum* (sp. nov.) : 404, 467.
- Dicamara* :
 prunulum : 402, 448, 451, XLII.
 cf. *prunulum* : 450.
- Dictyonema* : voir « Remarques à l'édition définitive ».
- Dielasma* : 300, 312, 355, 400, 441, 448, 463, XXXII.
- Digonophyllum* : 386.
- Digonophyllum (Glossophyllum)* :
 e.g. *dohmi* : 383, 463, 464, XLVIII.
- Digonophyllum (Pseudocosmophyllum = Mochlophyllum)* :
 e.g. *geigeri* : 467.
- Digonus* : 370 [pour les espèces, voir *Homalonotus*].
- Dinobolus* :
 amguidensis : 202.
- Diphyphyllum* :
 symetricum : 391, 455.
- Diplograptus (Glyptogratus)* :
 tamariscus : 220, 244, 246, XXVI.
- Discinidae* : 448.
- Disphyllum* : 432.
 coespitousum : 383, 459, 460, 463, 466, 468, XLVIII.
 goldfussi : 456, XLV.
 cf. *goldfussi* : 383, 459, XLIII.
 trigemne : 361, 386, 463, 464, XXXV.
- Disphyllum (Phacellophyllum)* :
 coespitousum : 383, 459, 460, XLVIII.
 trigemne : 464, XXXV.
- Douvillina* :
 interstitialis : 400, 448, 451.
 e.g. *interstitialis* : 444.
- Dualina* :
 secunda : 222, 249, XXVII.
- Emmonsia* : 287, XXXI.
- Eoreticularia* : 396, 402, 441, 448.
 curvata : 388, 437, 441, 443, 445, XXXIX.
- Euomphalus* : 383, 387, 460, XLVIII.
- Fascicostella* : 396, 400, 441.
 e.g. *gervillei* : 287.
 nov. sp. : 388, 455.
- Favosites* : 251, 379, 387, 456, XLV.
 cervicornis : 460.
 chaetetiformis : 462.

- cf. chaetetiformis* : 404.
eifeliensis : 461, 462.
e.g. eifeliensis : 386, 463, 464.
e.g. fidelis : 216, 250, 251, XXIX.
goldfussi : 442, 461, 462, 468, XLVII.
 var. hemispherica : 459, 461, XLVII.
e.g. goldfussi : 383, 384, 387, 399, 456, 459.
gothlandicus : 460.
e.g. gothlandicus : 299, 355.
graffi : 462, 468.
e.g. graffi : 404, 467.
intricatus : 460.
pleurodictyoides : XLVIII.
tachlowitzensis : 251.
- Favosites (Staphylopora?)* :
 cf. chaetetiformis : 404, 467.
- Foordites* : 453.
 psittacinum : 388, 390, 403, 448, 453, 459, XL.
- Fucoides* : 183.
 linearis : 183, (voir *Scolithus*).
 shepardi : 183, 184.
 verticalis : 183.
- Gennaeocrinus* : 299.
- Glossophyllum* :
 e.g. dohmi : 383, 463, 464, XLVIII.
 cf. lateseptatum : 402, 448, 449, XLIII.
- Glossostrophia* :
 caudata : 384, 385, 404, 407, 423, 427, 428, 456, 458, 459, XLIV.
- Glyptograptus* :
 tamariscus : 220, 244, 246, XXVI.
- Gomphoceras* : 400, 441, 448.
- Goniatites* : 399.
- Graphiodactylus* :
 catenulatus : 386, 387.
- Gypidula* : 302, 358, 400, 441, 448, 456, XXXIII, XLIV.
 brevirostris : 448, 460, 466.
 e.g. brevirostris : 383, 463.
 chouberti : 399, 400, 403, 407, 448, 451, 455, 456, 458, XLII, XLIV.
 galeata : 464.
 e.g. galeata : 383, 388, 400, 441, 448, 460, XLII.
 globa : 450, 451.
 cf. globa : 400, 403, 448, XLII.
- Hadrophyllum* : 402, 448, 452, XLIII.
 orbignyi : 470.
 cf. orbignyi : 457.
 pauciradiatum : 388, 396, 400, 441, 442, 445, 447, 449, 451, XXXVIII.
- Halysites* : 251.
- Haplospira* : 358, XXXIV.
- Harlania* : 262, 264.
- Heliolites* : 251.
 porosus : 437, 442, 461, 462, 468.
 e.g. porosus : 383, 387, 459, 461, XLVI.
- Heliophyllum* :
 halli : 391, 399, 400, 437, 439, 440, 442, 446, 448, 450, 451, 459, 461, 462.
- Hercynella* : 369.
- Heterophrentis* :
 prolifera : 399, 459, 469.
- Hexagonaria* : 396.
 helianthoides : 435.
 hexagona : 460, 461, 462.
 quadrigemina : 468.
- Holacanthopora* :
 gracilis : 384, 448, 450, XLIII.
- Homalonotus* : 288, 300, 307, 353, 436, 438, 463, XXXV.
 dekayi : 481.
- Homalonotus (Digonus)* :
 laevicauda : 290.
 le hiri : 290.
 rhenanus : 290.
 roemeri : 288.
 rudersdorfensis : 290.
 zemmourensis : 273, 274, 368, 288, 290, XXXI.
- Hypothyridina* :
 procuboides : 400, 402, 448, 450, 451, XLII.
- Hysterolites* : 358.
 elegans : 384, 388, 400, 402, 441, 442, 445, 448, 449, 455, 457, XLII.
 cf. elegans : 379, 400, 448.
 hystericus : 295, 369, 372.
 cf. hystericus : 300, 354, 355.
- Isopoma* :
 brachypticta : 400, 448, 451, XLII.
- Isorthis* : 383, 400, 402, 441, 448, 456, 460.
 e.g. tetragona : 389, 396, 400, 436, 437, 441, 448, XXXVI.
 trigleri : 436, 437, 451.
- Kayseria* :
 lens : 400, 441, 444, XXXIX.
- Leptaena* : 300.
 depressa : 459.
 naranjoana : 437.
 rhomboidalis : 288, 307, 358, 379, 382, 383, 384, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 398, 399, 400, 402, 404, 436, 441, 448, 455, 456, 458, 460, 463, 467, 485, 486, 492, XLIV.
- Leptodesma* :
 cf. carens : 216, 250.
- Leptostrophia* : 358, 361.
 explanata : 359.
 cf. explanata : 357, 360.
- Lingula* : 202, 303, 357.
- Lingulella* : 78, 186, 194, XXIV.
 cf. fuchsi : 77, 91, 186, 187, XXIV, XXV.
 nicholsoni : 202.
- Lithophyllum* : 382, 386.
 striatum : 463.
 e.g. striatum : 387, 459, 461, 463, 467, L.
 tabulatum : 383, 461, 463.
 cf. tabulatum : 383, 459.
 vesiculosum : 442.
 cf. vesiculosum : 400, 441, 442, XXXVIII.
 nov. sp. : 388, 438.
- Lithophyllum (= Zonophyllum)* : 383, 391, 396, 402, 404, 439, 440, 448.
 cf. divisum : 391, 448, 449.

- marginatum* : 442, 461.
 e.g. *marginatum* : 396, 441.
 cf. *marginatum* : 391, 439, 440.
 e.g. *septatum* : 383, 391, 442, 448, 463, 467, XLVIII.
 cf. *septatum* : 396, 402, 441, XXXVIII.
- Loxonema* : 298, XXXV.
- Macgeea* : 432.
 e.g. *solitaria* : 404, 466, 467.
- Maeneceras* : 452.
- Maenioceras* : 453.
terebratum : 451, 452, 453, 466, 471, 474.
undulatum : 452.
- Manticoceras* : 494.
- Maurenia* :
arborescens : 355, XXXIII.
- Meganteris* : 357, 358, 359, 384.
archiaci : 311, 355, 359, 361, 369, 461.
 e.g. *archiaci* : 302, 307, 310, 358, XXXIII.
- Melania* :
tuberculata : 48.
- Meristella* : 357, 400.
- Mesoconularia* :
 cf. *aliena* : 389, 436, XXXVI.
- Mesograptus* :
modestus : 259.
- Michelinia* : 394, 438.
convexa : 450, 451, 470.
- Micmacca* : 197.
- Microcyclus* : 452.
discus : 400, 402, 448, 469, XLIII.
intermedius : 441, 449, 469.
 cf. *intermedius* : 400, 402, 448, 449, XLIII.
- Mochlophyllum* :
 e.g. *geigeri* :
- Modiolopsis* :
tioukelinensis : 202.
- Monograptus* : 229, 235, 252, 253, 261.
atavus : 221, 244.
colonus : 248, 252.
dubius : 262, 263.
flemingi : 259, 263.
gemmatus : 220, 221, 244.
gregarius : 246, 247, 257.
leintwardinensis : 252, 256.
limatululus : 220, 244, XXVI.
lobiferus : 217, 220, 221, 244, 245, 246, 247, 257, 261, XXVI.
nilssoni : 248, 262.
priodon : 213, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 225, 226, 229, 235, 236, 243, 248, 249, 250, 253, 255, 260, 261, 262, XI, XXVII.
 var. *chouberti* : 249.
 cf. *priodon* ? : 216, 273, 274.
riccartonensis : 249, 253, 262.
 cf. *runcinatus* : 217, 244, 245.
sedgwicki : 217, 220, 244, 245, 247.
spiralis : 249.
tenuis : 220, 244, XXVI.
triangulatus : 220, 221, 229, 237, 243, 244, 246, 247, 255, 257, XXVI.
 var. *major* : 221, 232, 244.
- uniformis* : (voir « Remarques à l'occasion de l'édition définitive »).
varians : 263.
vulgaris : 263.
- Mucrospirifer* : 388, 389, 390, 391, 404, 409, 411, 412, 426, 438, 439, 494, 509, 513.
bouchardi : 404, 458, 465, 466, 468, 469, 471, 474, 494, 495, 509, 510, 511, 512, 513, L.
 cf. *bouchardi* : 509, 512.
 aff. *bouchardi* : 485, 494.
diluvianus : 388, 402, 437, 443, 449, 481, XXXIX.
mesacostalis : 470, 510, 513.
mucronatus : 465, 469, 481, 485, 486, 513.
 e.g. *mucronatus* : 388, 402, 443, XXXIX.
- Neobolus* : 78, 79, 97, 186, 194.
 cf. *warthi* : 77, 186, XXV.
- Neometacanthus* (*Neometacanthus*) :
stellifer : 383, 384, 386, 390, 403, 435, 448, 453, 464, 466, XLI, XLIX.
 aff. *stellifer* : XLVIII.
- Novakia* : 386.
- Nucleospira* :
concinna : 470.
 e.g. *concinna* : 400, 441, 444, 448.
- Nyssenia* : 188.
zemmourensensis : 91, 97, 179, 187, 188, 192, 194, XXIII.
- Olenus* : 202.
- Orthis* : 287, 288, 306, 310, 311, 353, 354, 355, 358, 391, 395, 400, 438, 441, 448, 463.
orbicularis : 379.
 cf. *orbicularis* : 379.
- Orthoceras* : 213, 216, 217, 248, 249, 250, 251, 298, 311, 354, 389, 441, 448, 509, XXVII.
bohemicum : 218, 223, 226, 243, 256, 257, 263.
 cf. *bohemicum* : 216, 250, XXVIII.
repelitum : 214, 249.
- Orthonychia* :
anguis : 259.
- Pachyphyllum* :
ibergensis : 386, 463, 464, 466.
- Panenka* : 249, 251, 252, 299.
bohémica : 216, 218, 219, 223, 226, 243, 251, 252, 256, 257, 259, XXIX.
 cf. *princeps* : 251.
- Paradoxides* : 197, 198.
- Paralejululus* :
dormitzeri :
 var. *dormitzeri* : 389, 436, 438, XXXVI.
- Paraspirifer* : 389, 395, 396, 435, 436, 438.
auriculatus : 318, 362, 367, 368, 436, 470, 473.
 e.g. *auriculatus* : 314, 361, 362, 363, XXXV.
cultrijugatus : 360, 362, 388, 390, 391, 392, 394, 396, 398, 402, 403, 405, 406, 407, 409, 412, 413, 414, 426, 427, 428, 430, 431, 435, 436, 437, 438, 439, 441, 442, 443, 444, 447, 450, 454, 457, 461, 467, 469, 470, 471, 473, 474, 477, 478, 481, XXXVI.
 var. *multiplicata* : 394, 395, 438.
 e.g. *cultrijugatus* : 389, 391, 436, 438.
- Pentacrinus* : 214.

- Pentamerella* : 384, 448.
- Pentamerus* :
acostatus : 298, 358.
brevirostris : 486.
chouberti : 387, 390.
- Petalograptus* : 222.
palmeus : 245.
 var. *latus* : 221, 244, 246, 257, XXVI.
- Petrocrania* : 463, XLVIII.
- Phacellophyllum* :
coespitosum : 383, 459, 460, XLVIII.
trigemne : 464, XXXV.
- Phacops* : 361, 362, 386, 387, 389, 416, 419, 436, 441, 460, 464, XXXVI, XLVIII.
potieri : 443, 457.
- Phacops* (*Phacops*) :
circumspectans : 466.
 cf. *circumspectans* : 386, 463, 466.
fecundus : 396, 398, 399, 402, 405, 410, 419, 421, 422, 427, 428, 429, 430, 451, 455, 473.
 var. *degener* : 362, 400, 403, 441, 447, 448, XLI.
 var. *major* : 361, 362, 388, 391, 392, 436, 438, 439, 447, XXXVI.
schlotheimi : 384, 388, 400, 441, 447, 448, XXXIX.
- Philhedra* :
crenistriata : 470.
 e.g. *crenistriata* : 384, 456, 459.
- Phillipsastraea* :
hennahi : 463.
 e.g. *hennahi* : 399, 459, 460.
 nov. sp. : 383, 459, 460, XLVI.
- Phillipsastraea* (*Pachyphyllum*) :
ibergensis : 386, 463, 464, 466.
- Pholidostrophia* :
lepis : 388, 389, 400, 436, 437, 441, 446, 448, XXXIX.
nacrea : 470.
 e.g. *nacrea* : 396, 441, 446, 448.
- Pinacites* :
jugleri : 441, 449, 450, 452, 453, 456, 457, 477, 478,
 voir aussi les remarques à l'édition définitive.
- Platyceras* : 216, 219, 226, 249, 251, 400, 441, 463, 494, 509, XXVII, XXVIII, XLVIII, L.
anguis : 216, 219, 223, 243, 251, 252, 257, XXVIII.
- Platyorthis* :
opercularis : 438.
 e.g. *opercularis* : 400, 441, 446.
- Plectospira* :
longirostris : 396, 402, 441, 444, 448, XLII.
- Plegmatograptus* :
obesus : 220, 221, 244, 246, XXVI.
- Pleurodictyum* : 273, 299, 300, 301, 303, 304, 306, 314, 316, 318, 325, 346, 357, 394, 404, 435, 438, XLVIII.
mauretanicum : 287, XXXI.
problematicum : 295, 357, 457.
 e.g. *selcanum* : 299, 307, 355, XXXII.
- Polyzygia* : 384.
- Poteriocrinus* : 396, 439, 441, XXXVIII.
- Praecardium* : 250, 252, XXVIII, XXIX.
- Prismatophyllum* : 392, 396.
- Prismatophyllum* (*Hexagonaria*) : 391, 396, 439, 460, XXXVIII.
helianthoides : 383, 387, 390, 459, 463, XLVI.
 e.g. *magnum* : 399, 459, XLVI.
- Prismatophyllum* (*Stenophyllum* ?) :
 e.g. *boloniense* : 383, 459.
- Procteria* :
granulifera : 404, 456, 469, 477, XLVIII.
- Productella* : 509.
navicella : 428, 470.
 e.g. *navicella* : 387, 388, 390, 391, 400, 403, 407, 448, 451, 455, 456, XLIV.
 var. : 455.
productoides : 379.
subaculeata : 379, 437, 441, 444, 445, 446, 451, 465, 466, 510.
 e.g. *subaculeata* : 399, 400, 448, 456, XLIV.
- Proetus* (*Proetus*) : 361.
orbitatus : 388, 441, 447, XXXIX.
- Protolenus* : 197, 198.
- Pseudocosmophyllum* :
 e.g. *geigeri* : 467.
- Pseudocryphaeus* :
mesocristata :
 var. *jacqueti* : 403, 448, 453, XLI.
- Pteraspis* :
crouchi : 291.
- Pterinea* :
migrans : 290.
neptuni : 486.
- Ptychosphaera* :
constricta : 273, 288, 354, XXXI.
- Ptyctodontes* : 495, voir aussi « Remarques à l'occasion de l'édition définitive ».
- Pugnax* :
pugnoides : 400, 446, 448, 450, 451.
 var. *latus* : 388, 400, 402, 441, 445, 448.
 var. : 402, 448, XLII.
 e.g. *pugnoides* : 402, 448, XLII.
- Pustulatia* :
pustulosa : 470.
- Rastrites* : 245, 246.
linnei : 246.
peregrinus : 217, 221, 244, 245, 246, 247, 257.
- Receptaculites* : 448.
neptuni : 446, 448.
 cf. *neptuni* : 391, 400, 402, 448, XLI.
- Redlichia* : 186.
- Rensselandia* : XLI.
cordiforme : 470.
- Reticularia* : 400, 404, 441, 448, 463.
aviceps : 388, 444.
 e.g. *aviceps* : 386, 400, 402, 404, 441, 443, 448, 463, XLII.
- Retiolites* : 261.
- Retiolites* (*Plegmatograptus*) :
obesus : 220, 221, 244, 246, XXVI.
- Retzia* :
adrieni : 485.
baylei : 217, 247, 257, XXVII.
salteri : 247.

- Rhipidomella* : 298, 311, 355, 357, 358, 456, 460.
hamoni : 437, 439.
e.g. *hamoni* : 302, 358, 360.
penelope : 388, 389, 436, 437, 441, 470, XXXIX.
vanuxemi : 400, 437, 441, 457, 470.
e.g. *vanuxemi* : 383, 396, 436, 437, 448, 460, XXXVI.
- Rhombopteria* :
mira : 257.
cf. *mira* : 250, XXVIII.
- Rhynchonella* :
boloniensis : 510.
borealis : 213 (voir *Camarotoechia*).
cuboides : 509.
cf. *dannenbergi* : 372.
elliptica : 486.
ferquensis : 443, 465, 510.
- Roemeria* : 402, 448, 456, XLIII, XLV.
- Ruedemannia* : 403, 448, XLI.
- Sabellaria* : 186.
alveolata : 183.
- Schellwienella* : 494
- Schizopholis* : 186.
- Schizophoria* : 307, 311, 354, 355, 358, 400, 436, 441, 463.
provulvaria : 310, 358, 360, 369.
striatula : 379, 383, 384, 386, 389, 391, 404, 456, 463, 485, XLIX.
cf. *striatula* : 302, 357, 358, 400, 441, 448.
aff. *striatula* : 399, 400, 403, 448, 456, 460.
cf. *vulvaria* : 442.
- Schuchertella* : 298, 299, 307, 308, 310, 327, 355, 357, 358, 384, 391, 394, 404, 438, 456, XV.
umbracula : 302, 357, 358, 384, 396, 441, 446.
cf. *umbracula* : 300, 302, 310, 354, 358, 382, 456, 467.
e.g. *umbracula* : 383, 386, 400, 403, 441, 448, 455, 463, XLIX.
- Scoliophyllum* :
lamellosum : 388, 391, 392, 399, 400, 402, 435, 440, 441, 442, 447, 470, XXXVIII.
- Scolithus* (*Scolithos*) : 69, 71, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 81, 83, 86, 88, 99, 101, 102, 104, 109, 110, 111, 112, 114, 115, 117, 119, 120, 121, 122, 150, 182, 183, 184, 185, 186, 197.
arabica : 183.
canadensis : 183.
clintonensis : 183.
delicatulus : 183.
danieloi : 183.
desfontainei : 183.
dispar : 183.
dufrenoyi : 183.
ingens : 183, 184, 185.
linearis : 147, 179, 182, 183, 184, 185, 192, 194, XXIII.
magnus : 183, 184, 185.
minnesotensis : 183, 184, 185.
minutus : 183.
shepardi : 183, 184.
tuberosus : 183.
verticalis : 183.
woodi : 183, 185.
- Scutellum* : 416.
costatum : 464.
- Scutellum* (*Paralejulus*) [voir aussi : *Bronteus*] :
dormitzeri :
var. *dormitzeri* : 389, 436, 438, XXXVI.
- Scyphocrinus* : 253, 257, 259, 275, 276, 287, 288, 290, 314.
elegans : 125, 214, 216, 218, 219, 220, 223, 226, 227, 229, 231, 235, 236, 239, 243, 250, 251, 252, 256, 257, 259, 260, 262, 264, 273, 274, XI, XXVIII, XXIX, XXX.
- Septalaria* :
subtetragona : 391, 445, 459.
cf. *subtetragona* : 402, 448, 455.
e.g. *subtetragona* : 441, 445.
- Sieberella* : 436.
- Sinospongophyllum* :
planotabulatum : 389, 436.
- Siphonophrentis* :
torta : 456, 469, XLV.
- Spinocyrtia* :
ascendens : 372, 385, 404, 407, 435, 458, 463, 465, 466, 468, 469, 470, 471, 480, XLIX.
var. *zemmourensis* : 383, 386, 390, 404, 405, 463, 465.
granulosa : 442, 456, 462, 470.
ostiolata : 471, 474.
- Spinophyllum* : 404.
- Spinophyllum* (*Cylindrophyllum*) : 466.
- Spirifer* : 273, 287, 298, 299, 306, 307, 310, 312, 314, 318, 357, 358, 361, 379, 391, 392, 394, 395, 396, 413, 438, 439, 448, 463, 467, 509, XXXII, XXXIII, XXXVI, XLIX.
acuminatus : 436, 437.
arduennensis : 372.
audaculus : 470.
bischofi : 318, 353, 355, 356, 357, 360, 363, 368, 369, 372.
cf. *bischofi* : 357, XXXII.
e.g. *bischofi* : 355.
bisinus : 448.
daleidensis : 372.
digitatus : 290.
cf. *elevatus* : 260.
granulosus : 465.
ibergensis : 491, 509, 510.
cf. *ibergensis* : 491, 492, 493, 495, 510, 511, 512, L.
e.g. *ibergensis* : 500.
inchoans : 253, 262, 291.
mediotextus : 466, 468.
aff. *mediotextus* : 468.
mercuri : 288.
e.g. *mercuri* : 273, 274, 287, 290, XXXII.
mesacostalis : 470, 510, 513.
cf. *mesacostalis* : 465.
murchisoni : 359.
orbelianus : 513.
ostiolatus : 441, 442, 443, 445, 450, 461, 481.
subspeciosus : 295.
sulcatus : 370.
cf. *sulcatus* : 290.
undiferus : 464, 470, 471.
cf. *undiferus* : 383, 463, 464, XLIX.
var. *undulata* : 464.
- Spirifer* (*Acrospirifer*) :
decheni :
fallax :

- fallax-primaevus* :
paradoxus :
paradoxus-pellico :
pellico :
primaevus :
rousseaui :
speciosus :
 var. : *intermedius* :
 var. : *speciosus* :
 (voir *Acrospirifer*).
Spirifer (Costispirifer) :
 trigeri :
 e.g. *trigeri* :
 (voir *Costispirifer*).
Spirifer (Cyrtospirifer) :
 seminoi :
 verneuili :
 (voir *Cyrtospirifer*).
Spirifer (Hysterolites) :
 elegans :
 hystericus :
 (voir *Hysterolites*).
Spirifer (Mucrospirifer) :
 bouchardi :
 diluvianus :
 mesacostalis :
 mucronatus :
 (voir *Mucrospirifer*).
Spirifer (Spinocyrtia) :
 ascendens :
 var. *zemmourensis* :
 granulosa :
 ostiolata :
 undiferus :
 var. *undulata* :
 (voir *Spinocyrtia*).
Spirophyton : 513.
Spirorbis : 436, 441, 463.
Staphylopora :
 cf. *chaetetiformis* : 404, 467.
Stenophyllum :
 e.g. *boloniense* : 383, 459.
Stereolasma : 391, 455, 466, L.
Straelenia :
 papilio : 318, 356, 358, 359, 369.
 var. *minor* : 358.
 var. *zemmourensis* : 298, 302, 304, 307, 310, 353,
 358, 360, 363, 368, XXXIV.
Streptelasma : 391, 404.
Streptelasma (Stereolasma) : 391, 455, 466, L.
Streptorhynchus :
 crenistria : 485.
Striatopora : 386, 463, 503, 509.
 magna : 400, 402, 448, 450, 457, 463, 477, XLIII.
 cf. *magna* : 383, 450, 459, 463.
 reticulata : 462.
Stringocephalus : 477.
 burtini : 445, 446, 450, 451, 457, 460, 462, 464, 465,
 468, 471.
Stringophyllum :
 duplex : 399, 459, 460, 463, XLVI.
 quasinormale : 404, 466, 467.
Stromatopora :
 concentrica : 387, 460, 461, 462.
Stromatoporella :
 eifeliensis : 462, 468.
Stropheodonta : 288, 298, 307, 311, 312, 354, 355, 357, 358,
 361, 384, 394, 400, 435, 438, 441, 456, 463.
 demissa : 470.
 e.g. *demissa* : 388, 441, 446, XXXIX.
 murchisoni : 298, 358, 360, 437.
 subtetragona : 437.
Stropheodonta (Brachyprion) :
 interstitialis : 451, 457.
 phillipsii : 459.
 e.g. *phillipsii* : 388, 396, 403, 441, 446, 448, 455, 456.
Strophomena (Strophonella) :
 anaglypha : 388, 455, 459, XLIV.
Strophonella :
 anaglypha : 388, 455, 459, XLIV.
Styliolina : 384, 422.
Subanarcestes :
 macrocephalus : 403, 448, 452, 453, XL.
Syringaxon : 400, XLIII.
 bohémica :
 var. *barrandei* : 396, 402, 441, 442, 447, 448, 449,
 XLIII.
 cf. var. *barrandei* : 455.
 var. *bohémica* : 388, 441, 448, 449, XLIII.
 e.g. *curta* : 389, 436.
 e.g. *eifeliensis* : 391, 455, XLV.
 e.g. *smithi* : 273, 287, XXXI.
Tentaculites : 311, 314, 354, 386, 438, 439, 509.
 sougyi : 436, XXXV.
 tenuicinctus : 466.
 zemmourensis : 382, 385, 386, 464, 466, XLVIII.
Thamnopora : 404, 467, 503, 509, L.
 boloniensis : 468.
 e.g. *boloniensis* : 383, 386, 460, 462, 463.
 e.g. *dubia* : 387, 404, 459, 462, 467.
 reticulata : 462, 463.
 cf. *reticulata* : 383, 460, 462, XLVIII.
 nov. sp. : 307, 358.
Tigillites : 183 (voir *Scolithus*).
 arabica : 183.
 vertebralis : 183.
Tornoceras :
 simplex : 452.
Treveropyge :
 boopis : 389, 436, XXXVI.
Trigeria : 299, 303, 307, 348, 355, 357, 358, 368, XXXIII.
 guerangeri : 327, 359.
 e.g. *guerangeri* : 302, 310, 358, 368, 400, 441, XXXIII,
 XXXIX.
 oliviani : 307, 357, 359.
Triplophyllum : 441, XXXVIII.
 djemellense : 441, 447, 449, 459, 477.
 e.g. *djemellense* : 396, 400, 441, 442, 448.
 cf. *djemellense* : 456.
 e.g. *guillieri* : 399, 449, 456, XLIII, XLV.
 cf. *guillieri* : 402, 448.
Tropidodiscus : 403, XLI.

Tropidoleptus : 295, 372, 406, 409, 411, 412, 413, 424, 426, 427, 428, 429, 465, 490, 491, 492, 498, 509, 510, 511.
carinatus : 382, 383, 404, 436, 443, 457, 463, 465, 470, 481, 492, 509, 510, 511, 512, 513.

var. *gamma* : 465.

e. g. *carinatus* : 392, 395, 398, 435, 473, XXXV.

cf. *carinatus* : 442, 509.

rhenanus : 439.

cf. *rhenanus* : 295, 302, 358, 361.

Tryplasma : 355, 361, XXXIII.

Uncinulus : 383, 400, 448, 460, 494.

adolphi :

var. *mimicus* : 362.

e. g. *betterbergiana* : XL.

eucharis : 354.

goldfussi : 445.

aff. *goldfussi* : 441, 445.

imperator : 303, 307, 311, 312, 318, 355, 356, 357, XXXII.

kayseri : 314, 353, 361, 362, 363, 368, XXXV.

lodonensis : 389, 390, 435, 436, 437, 439, 444, 470, 473, 477, 478, XXXVI.

oehlerti : 300, 301, 303, 304, 308, 311, 312, 316, 324, 325, 328, 331, 346, 350, 353, 354, 363, 365, 367, 368, 371, XXXII.

cf. *oehlerti* : 287.

orbignyanus : 362, 437, 439, 444, 451.

parallelepipedus : 383, 384, 396, 400, 441, 444, 448, 456, 460, 461, 468, XLII.

e. g. *parallelepipedus* : 404, 448, 463, 467.

cf. *pentagonus* : 402, 448, 450.

pilus : 436, 437.

princeps : 436, 461.

aff. *signatus* : 388, 441, 445.

subwilsoni : 356.

Uncites :

gryphus : 457.

Vlasta : 222, 249, XXVII.

Wedekindella :

brilonense : 452.

clarkei : 450.

cf. *clarkei* : 403, 448, 453, 459, XL.

inversa : 452.

Werneroceras :

crispiforme : 379, 384, 385, 402, 403, 407, 421, 428, 435, 443, 447, 448, 450, 451, 452, 455, 457, 458, 459, 469, 470, 471, 482, XL.

rouvillei (= *crispiforme*) : 452, 453.

ruppachense : 452.

Wocklumeria : 466.

Zaphrentis : 302, 379.

gigantea : 485.

Zaphrentis (*Triplophyllum*) :

e. g. *guillieri* : 399, 449, 456, XLIII, XLV.

cf. *guillieri* : 402, 448.

Zonophyllum : 383, 391, 396, 402, 404, 439, 440, 448.

cf. *divisum* : 391, 448, 449.

marginatum : 442, 461.

e. g. *marginatum* : 396, 441.

cf. *marginatum* : 391, 439, 440.

e. g. *septatum* : 383, 391, 442, 448, 463, 467, XLVIII.

cf. *septatum* : 396, 402, 441, XXXVIII.

Zygobolba : 387.

DEUXIEME THESE

Propositions données par la Faculté :

Les séries précambriennes de la Mauritanie nord-orientale

VU ET APPROUVÉ :

Nancy, le 21 Avril 1961.

Le Doyen de la Faculté des Sciences :

MARCEL ROUBAULT.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Nancy, le 26 Avril 1961.

Le Recteur de l'Académie de Nancy :

P. IMBS.

ACHEVÉ D'IMPRIMER
EN OCTOBRE 1964
SUR LES PRESSES DE
L'IMPRIMERIE LOUIS-JEAN
GAP (HAUTES-ALPES)

Dépôt légal : 305 - 1964

